

RELACIÓN ENTRE LA ARGUMENTACIÓN Y LOS CAMBIOS DE LOS MODELOS  
EXPLICATIVOS DEL CONCEPTO DE HERENCIA GENÉTICA EN ESTUDIANTES DE  
SECUNDARIA

Juan Guillermo Cadavid Cifuentes

Jorge Mario Giraldo Gómez

Universidad Tecnológica de Pereira

Maestría en Educación

Pereira

2018

RELACIÓN ENTRE LA ARGUMENTACIÓN Y LOS CAMBIOS DE LOS MODELOS  
EXPLICATIVOS DEL CONCEPTO DE HERENCIA GENÉTICA EN ESTUDIANTES DE  
SECUNDARIA

Jorge Mario Giraldo Gómez

Juan Guillermo Cadavid Cifuentes

Trabajo de investigación para optar al grado de Magister en Educación

Tutor: Magister Jairo Alejandro Sánchez Castaño

Línea de Investigación Didáctica en Ciencias Exactas y Naturales

Universidad Tecnológica de Pereira

Maestría en Educación

Pereira

2018

*A nuestras familias por estar siempre presentes y ser nuestra fortaleza en este proceso*

*A Samuel y Martín*

## **Agradecimientos**

Queremos agradecer en primer lugar a nuestras esposas por su apoyo incondicional.

A nuestro tutor Jairo Alejandro Sánchez Castaño por las asesorías y el tiempo dedicado a revisar el trabajo, sus valiosos aportes fueron muy importantes, además de la motivación que nos brindó en todo momento.

A los docentes de la Maestría en Educación por aportar en la transformación de nuestras prácticas docentes.

A los docentes Francisco Ruiz y Oscar Eugenio Tamayo por compartir desinteresadamente sus conocimientos y años de experiencia, su humanidad se refleja en su labor.

A nuestros queridos compañeros de la línea de investigación en didáctica de las ciencias naturales, el camino al lado de ustedes siempre será ameno.

A nuestros estudiantes por ser la razón de nuestra formación académica.

A nuestras instituciones educativas por la comprensión y apoyo en el desarrollo de la investigación.

## Tabla de Contenido

1. Problematización.....	14
1.1 Planteamiento del Problema.....	14
1.2 Justificación.....	16
1.3 Pregunta de investigación.....	18
2. Objetivos.....	19
2.1 Objetivo general.....	19
2.2 Objetivos específicos.....	19
3. Marco Teórico.....	19
3.1 Antecedentes.....	20
3.2 Referente teórico.....	26
3.2.1 La argumentación en la didáctica de las ciencias.....	26
3.2.2 Modelos argumentativos.....	28
3.3.3 Sobre modelos explicativos.....	34
3.3.4 Modelos de herencia biológica.....	38
4. Metodología.....	44
4.1 Enfoque Metodológico.....	44
4.2 Unidad de trabajo.....	45
4.3 Unidad de análisis.....	46

4.4 Fases de la investigación.....	46
4.4.1 Primera fase: diseño y diagnóstico.....	47
4.4.2 Segunda fase: secuencia didáctica.....	47
4.4.3 Tercera fase: aplicación del instrumento final.....	49
4.4.4 Cuarta fase: grupo focal.....	49
4.5 Tratamiento de la información.....	50
4.5.1 Modelos explicativos.....	50
4.5.2 Niveles argumentativos.....	54
4.5.3 Fortaleza entre los elementos de la argumentación.....	57
4.6 Análisis descriptivo.....	59
4.7 Análisis comprensivo.....	59
5. Resultados Y Discusión De Análisis Descriptivo.....	61
5.1 Modelos explicativos.....	61
5.1.2 Criterios de los modelos explicativos.....	77
5.2 Argumentación.....	86
5.2.1 Análisis de los elementos de la argumentación.....	103
5.2.2 La fortaleza entre los elementos de la argumentación.....	106
6. Resultados y Discusión del Análisis Comprensivo.....	112
6.1 Modelos.....	112
6.1.1 Modelos Explicativos de E33.....	113

6.1.2 Criterios de modelos explicativos E33 .....	120
6.1.3 Modelos Explicativos E36.....	124
6.1.4 Criterios de modelos explicativos E36.....	129
6.2 Argumentación .....	134
6.2.1 Niveles argumentativos de E33 .....	135
6.2.2 Niveles argumentativos del E36.....	139
6.3 Fortaleza entre los elementos de la argumentación.....	146
6.3.1 Fortaleza en la relación entre los elementos de la argumentación del E33 .....	147
6.3.2 Fortaleza en la relación entre los elementos de la argumentación del E36 .....	149
6.4 Relación entre la argumentación y el movimiento de los modelos explicativos .....	153
6.4.1 Relación entre los niveles argumentativos y los modelos explicativos del E33 .....	153
6.4.2 Relación entre los niveles argumentativos y los modelos explicativos del E36 .....	160
7. Conclusiones.....	169
8. Recomendaciones .....	173
9. Bibliografía .....	175
10. Anexos .....	182
10.1 Anexo 1: Instrumento inicial.....	182
10.2 Anexo 2: Secuencia didáctica. ....	183
10.3 Anexo 3: Instrumento final .....	221

## Lista de Tablas

Tabla 1. Modelos explicativos acerca de herencia genética.....	39
Tabla 2. Rejilla de orientación para ubicar los niveles argumentativos.....	43
Tabla 3. Indicadores de fortaleza de fortaleza de relación entre los elementos de argumentación.....	46
Tabla 4. Respuestas de E14 en el momento inicial.....	49
Tabla 5. Respuestas de E14 en el momento final.....	52
Tabla 6. Respuestas de E30 en el momento inicial.....	54
Tabla 7. Respuestas de E30 en el momento final.....	55
Tabla 8. Modelos explicativos de herencia genética iniciales y finales de 31 estudiantes.....	59
Tabla 9. Ejemplos de criterios de modelos explicativos identificados en las respuestas de los estudiantes.....	65
Tabla 10. Respuestas de E13 en el momento inicial.....	74
Tabla 11. Respuestas de E13 en el momento final.....	77
Tabla 12. Niveles de argumentación iniciales y finales de 31 estudiantes.....	81
Tabla 13. Elementos de la argumentación iniciales y finales de 31 estudiantes.....	85
Tabla 14. Porcentaje de fortaleza alta entre los elementos de la argumentación inicial y final.....	94
Tabla 15. Ejemplo de respuesta con fortaleza alta en E12 en el momento inicial.....	96



Tabla 16. Ejemplo de respuesta con fortaleza alta en E14 en el momento final.....	97
Tabla 17. Ejemplo del tratamiento para la ubicación de los modelos explicativos de E33 en diferentes momentos de la investigación.....	105
Tabla 18. Ejemplo de modelos explicativos de E36 en el momento inicial.....	111
Tabla 19. Porcentaje de argumentos con fortaleza alta en la relación de los elementos de la argumentación presentes en E33 y E36 en los nueve momentos de la investigación.....	132
Tabla 20. Ejemplo de argumento con fortaleza alta en el instrumento final del estudiante E33.....	134
Tabla 21. Ejemplo de argumento con fortaleza alta en la respuesta de la pregunta 1 del instrumento final (Anexo 3) del E36.....	136
Tabla 22. Ejemplos de respuestas del E33 donde se relacionan los modelos explicativos con los niveles argumentativos en nueve momentos de la investigación.....	140
Tabla 23. Ejemplos de respuestas del E36 donde se relacionan los modelos explicativos con los niveles argumentativos en nueve momentos de la investigación.....	146

## Lista de Figuras

Figura 1. Diseño de la investigación.....	35
Figura 2: Modelos explicativos analizados en cinco momentos de la investigación del E33.....	101
Figura 3: Modelos explicativos analizados en cinco momentos de la investigación del E36....	111
Figura 4: Relación de los niveles argumentativos con los modelos explicativos de herencia genética en nueve momentos de la investigación del E33.....	142
Figura 5: Relación de los niveles argumentativos con los modelos explicativos de herencia genética en nueve momentos de la investigación del E36.....	150
Figura 6: Ejemplo respuesta en una actividad de modelización de la secuencia didáctica del E36.....	153

## Lista de Gráficas

Gráfica 1: Modelos explicativos de herencia genética iniciales y finales de 31 estudiantes.....	62
Gráfico 2: Porcentaje de criterios de los modelos explicativos de herencia genética iniciales y finales en 31 estudiantes.....	71
Gráfica 3: Elementos de argumentación iniciales y finales de 31 estudiantes de grado noveno.....	92
Gráfica 4: Frecuencia de fortaleza alta entre los elementos de la argumentación inicial y final estudiantes.....	95
Gráfica 5: Frecuencia de criterios en nueve momentos de la investigación del E33.....	108
Gráfica 6: Frecuencia de criterios en nueve momentos de la investigación del E36.....	116
Gráfica 7: Niveles de argumentación en nueve momentos de la investigación del E33 y E36.....	121

## Resumen

El presente trabajo fue de corte descriptivo – comprensivo con el objetivo de analizar la incidencia de la argumentación en el cambio de los modelos explicativos de herencia genética en estudiantes de grado noveno de una institución educativa de la ciudad de Armenia. Se diseñó una secuencia didáctica con un enfoque histórico y epistemológico del concepto de herencia genética con el propósito de generar espacios argumentativos. El análisis descriptivo de 31 estudiantes se desarrolló en dos momentos: inicial y final. El análisis comprensivo se realizó a dos estudiantes en nueve momentos. Se diseñó una propuesta metodológica para ubicar modelos explicativos a través de criterios específicos, además de un sistema para determinar la fortaleza de los argumentos que permitan ubicar con precisión los niveles argumentativos. Los resultados indican que la aplicación de la secuencia didáctica mejoró la argumentación y permitió el cambio de los modelos explicativos en los estudiantes. Además, se determinó que la propuesta metodológica permitió una ubicación más precisa de los modelos explicativos y los niveles argumentativos. Por último, se estableció que la argumentación se relaciona con el aprendizaje del concepto de herencia genética.

**Palabras clave:** Argumentación, modelos explicativos, herencia genética, criterios, fortaleza.

## Abstract

The present assignment was descriptive -comprehensive with the objective of analyzing the incidence of argumentation in the change of explanatory models of genetic inheritance in 9th grade students from an Armenian educational institution. A didactic sequence was designed with a historical and epistemological focus to the concept of genetic inheritance, with the purpose of generate argumentative spaces. Nine moments of the investigation were analyzed, in which a proposed methodology was designed to find explanatory models through specific criteria, in addition to a system to determine the strength of an argument that allows to locate with precision the argumentative levels. The results indicate that the application of this didactic sequence improved the argumentation and allowed the change of the explanatory models in students. In addition, it was determined that the methodological proposal allows a more precise location of the explanatory models and argumentative levels. To conclude it was established that argumentation impacts in the process of learning of the concept of genetic inheritance.

**Keywords:** Argumentation, explanatory models, genetic inheritance, criteria, strength.

## 1. Problematización

### 1.1 Planteamiento del Problema

La educación tradicional es predominante en los escenarios de las instituciones educativas (Ruiz, 2007). Este modelo se caracteriza porque el estudiante presenta poca participación en el proceso de enseñanza – aprendizaje, en la cual se cree que el docente es el único actor del proceso que tiene la facultad para transmitir conocimientos por lo regular de manera desarticulada y descontextualizada (Tamayo, 2011). Las clases tradicionales se desarrollan sin permitir que el estudiante reflexione sobre sus motivaciones, el sentido del conocimiento, sus habilidades científicas, su proceso de aprendizaje y las habilidades sociales que le permitan abordar los fenómenos naturales con rigor científico. Los estudiantes tienden a pensar que el conocimiento científico no está a su alcance, que éste es exclusivo de los laboratorios y de las investigaciones de alto nivel. Además, en la enseñanza tradicional no se tiene en cuenta los modelos explicativos iniciales, ni las motivaciones de los estudiantes. Lo anterior hace difícil que los estudiantes se comprometan en su formación académica debido a que pierden interés por su rol pasivo en las clases, en otras palabras, el conocimiento desde una perspectiva tradicional se transmite como si fuera un objeto que se le puede pasar a otra persona (Ruiz, 2007).

En comparación con las clases tradicionales, actualmente se proponen nuevas prácticas de aula en las cuales la construcción del conocimiento se hace con la participación activa del estudiantado, las actividades giran alrededor de los estudiantes, con una construcción colaborativa, con movimiento de ideas y conceptos entre pares (Ruiz, Tamayo, & Marquez, 2012). Por consiguiente, se hace necesario innovar las prácticas educativas para acercar la formación científica a los estudiantes, con el objeto de que desarrollen y fortalezcan habilidades

científicas, las cuales puedan ser aplicadas en los contextos de aula para solucionar problemas y darle respuesta a fenómenos naturales.

Sardá & Sanmartí (2000) afirman que los estudiantes con frecuencia presentan dificultades para dar explicaciones científicas a fenómenos cotidianos en clase de ciencias, debido a que elaboran argumentos desarticulados con justificaciones desde el conocimiento no científico y desconectadas de la conclusión. Los discursos en el aula de clase tienden a ser respuestas de explicaciones del libro de texto y no desde un argumento bien elaborado, concluyen sin ninguna evidencia empírica o los datos no están relacionados con la justificación. Es común en los contextos de aula que los estudiantes solo den explicaciones y definiciones científicas con poca o nula elaboración de argumentos propios, sin coherencia textual. Cuando elaboran argumentos lo hacen más desde el sentido común (Rojas, 2016).

El concepto de herencia genética es de difícil aprendizaje por parte de los estudiantes (Abreu, Castello, & Vianna, 2011; Iñiguez & Puigcerver, 2013; Golan-Duncan & Raiser, 2007; Ageitos & Puig, 2016; Restrepo, 2017), debido a la naturaleza abstracta del objeto de estudio, por ejemplo el concepto de gen y alelo. Otra de las dificultades es relacionar las micro-entidades con los fenómenos macroscópicos como el relacionar el ADN con la expresión fenotípica. Además, es común que los estudiantes lleguen al aula con modelos explicativos iniciales propios del sentido común e influenciados por los medios de comunicación, por ejemplo, el que la información hereditaria está en la sangre, lo cual le dificulta comprender los nuevos conceptos de herencia y articularlos con los fenómenos que explican la transmisión de los genes. Otra de las dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje de la genética es la apropiación y el manejo del lenguaje científico, los estudiantes manejan un lenguaje cotidiano para referirse a fenómenos hereditarios.

En la institución educativa Rufino José Cuervo Centro se han identificado dificultades con el aprendizaje de los conceptos de herencia genética reflejado en los bajos resultados de las pruebas internas. Además, la implementación de las clases tradicionales genera poco interés de los estudiantes hacia los fenómenos de herencia genética, lo que resulta en explicaciones con poco fundamento científico, a partir de su sentido común o cotidiano. Por otro lado, los estudiantes tienen poca formación en pensamiento crítico que les permita participar activamente en discusiones socio científicas que faciliten la solución de los problemas de su entorno.

## **1.2 Justificación**

Según el Ministerio de Educación Nacional (2004), es preciso formar estudiantes críticos y propositivos para afrontar los retos de la educación científica. La argumentación es un componente fundamental del pensamiento crítico y es una habilidad indispensable en la construcción del conocimiento científico, ya que a través de la discusión de diferentes teorías y modelos los investigadores pueden establecer cuales están soportados con mejores argumentos y de esta forma determinar que modelos y teorías son aceptados por la comunidad científica (Gilbert & Justi, 2016). La argumentación en el aula permite la apropiación del lenguaje científico, búsqueda, selección y análisis de información, la discusión de diferentes posturas y la metacognición, además, inserta al estudiante en los procesos de construcción del conocimiento científico. Igualmente, por medio de la argumentación los estudiantes pueden demostrar la comprensión de conceptos y procesos en ciencias naturales (Erduran, Simon, & Osborne, 2004).

Debido a lo anterior, se sugiere enseñar a los estudiantes a elaborar argumentos que aborden fenómenos naturales basados en datos que justifiquen sus conclusiones acercando las prácticas de aula al conocimiento científico. Además, la argumentación conlleva a la construcción del conocimiento por medio de la discusión entre pares, lo cual inserta al estudiantado en las



dinámicas sociales y comunicativas, al uso de los diferentes modos del lenguaje y que genere aprendizaje. El estudiante que elabore buenos argumentos tendrá las habilidades discursivas para defender sus posturas en contextos científicos, que conlleven el desarrollo del pensamiento crítico y la solución de problemas socio-científicos. Igualmente, el estudiante puede desarrollar habilidades sociales al respetar el argumento del par, construir argumentos conjuntos a partir de diferentes puntos de vista y analizar los argumentos de otros sin interferencias emocionales (Gilbert & Justi, 2016).

Por consiguiente, es importante que en las clases de ciencias se integren actividades que promuevan la argumentación en el aula, con la participación activa de los estudiantes en contextos académicos de discusión de grupos para que así desarrollen habilidades propias del pensamiento científico, es decir, que el estudiante no acumule conocimientos, sino que tenga las habilidades necesarias para observar hechos, extraer datos, analizar, reflexionar, inferir, deducir, formular hipótesis, comunicar y presentar resultados, además de tener las habilidades para extrapolar el conocimiento científico en la participación y solución de situaciones cotidianas (MEN, 2004; Gilbert & Justi, 2016).

En las ciencias naturales se recomienda partir de un concepto como medio para desarrollar argumentación y facilitar el aprendizaje, en el que el estudiante a través de las intervenciones didácticas se acerque al modelo científico al confrontar su modelo explicativo con las diferentes posturas y teorías propuestas en clase (Gilbert & Justi, 2016; Cardona & Tamayo, 2009).

El concepto de herencia genética ha pasado de los contextos académicos y se ha insertado en la cultura popular, debido principalmente a que en los medios de comunicación se refieren comúnmente a términos como ADN, mutaciones, alimentos transgénicos, manipulación genética, prueba de paternidad, clonación, entre otros. Igualmente, los conceptos en herencia genética

hacen parte de discusiones bioéticas en medios de comunicación y académicos, por lo cual se hace necesario que el estudiante conozca estos conceptos para que participe de las discusiones y de la toma de posición respecto a estos temas vanguardistas (Ageitos & Puig, 2016; Iñiguez & Puigcerver, 2013; Abreu, Castello, & Vianna, 2011; Caballero, 2008; Dawson & Venville, 2010; Ayuso, 2000).

### **1.3 Pregunta de investigación**

¿Cuál es la relación entre la argumentación y los cambios de los modelos explicativos del concepto de herencia genética en estudiantes de grado noveno de una institución educativa de la ciudad de Armenia?

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Establecer la relación entre la argumentación y los cambios de los modelos explicativos del concepto de herencia genética en estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Rufino José Cuervo Centro de la ciudad de Armenia.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Determinar los niveles argumentativos iniciales y finales de los estudiantes.
- Aplicar una secuencia didáctica con el fin de promover procesos argumentativos y cambio en los modelos explicativos.
- Identificar los modelos explicativos iniciales y finales de los estudiantes sobre el concepto de herencia genética.
- Establecer la relación entre los niveles argumentativos y los cambios de los modelos explicativos de herencia genética.

## **3. Marco Teórico**

### 3.1 Antecedentes

Los trabajos en argumentación en didácticas de las ciencias son comunes en la literatura científica. Se pudieron encontrar varios trabajos en argumentación en ciencias (Sarda & Sanmartí, 2000; Jimenez Alexandre & Diaz de Bustamante, 2003; Erduran, Simon & Osborne, 2004; Tamayo, 2011; Ruiz, Tamayo & Márquez, 2012 y 2015; Pinzón, 2014;). Igualmente, se encontraron un gran número de trabajos en la enseñanza de conceptos de genética (Iñiguez, 2005; Caballero, 2008; Villa & Torres, 2011; Iñiguez & Puigcerver, 2013; González, 2014). Sin embargo, son pocos los trabajos que relacionaron la argumentación con el concepto científico de herencia genética (Cardona & Tamayo, 2009; Dawson & Venville, 2010; Restrepo, 2017). El presente trabajo se desarrolló desde las categorías de la argumentación en ciencias naturales y los modelos explicativos de herencia genética como una forma de mejorar la didáctica de la enseñanza de este concepto y comprender la relación de la argumentación en los modelos explicativos de este concepto. Los trabajos que se referencian a continuación han hecho aportes a las categorías nombradas anteriormente en diferentes contextos y sirven de referencia para comprender el fenómeno investigado.

Sardá & Sanmartí (2000) analizaron las producciones orales y textuales de estudiantes entre los 14 y 15 años desde dos perspectivas: la anatomía del texto argumentativo (cercana a la formal de Toulmin, es decir, su estructura) y la fisiología del discurso, en esta última se analiza el texto desde la relación de los componentes que forman el argumento. Como conclusión, los estudiantes elaboraron argumentos con anatomía textual completa pero con dificultades en la fisiología de los textos, es decir, los argumentos pueden tener los elementos de la argumentación pero la concordancia o relación entre estos no es buena.

Jimenez Alexandre & Diaz de Bustamante (2003) realizaron un análisis del razonamiento argumentativo con ejemplos tomados del proyecto RODA (razonamiento, discusión, argumentación) llevado a cabo en la Universidad de Santiago de Compostela desde 1994. Estos autores resaltan el modelo de Toulmin como un potente instrumento para el análisis de la argumentación y se basan en la perspectiva de que en un contexto educativo el aprendizaje de las ciencias tienen cierto grado de ambigüedad y no se puede basar por patrones argumentativos filosóficos, es decir, por la lógica formal, ya que los cuestionamientos científicos demandan de abstracción y precisión. Además, destacan la importancia de transformación de conceptos o enunciados de los estudiantes por medio del uso discursivo y la discusión entre pares, en las que puedan evaluar el uso de datos, justificaciones y conclusiones de sus ideas e ir modelando un nuevo concepto más que simple transferencia de información, esto implica un cambio en el lenguaje y en el estatus del conocimiento.

Erduran, Simon, & Osborne (2004) aplicaron el modelo argumentativo de Toulmin en el análisis del discurso en clase de ciencias en estudiantes de secundaria y determinaron si mejoran la cantidad y la calidad de los argumentos. Asimismo, evaluaron el potencial del modelo toulminiano (TAP) para indicar el mejoramiento de los niveles argumentativos de los estudiantes a través de una intervención didáctica e intentaron determinar como se dio ese mejoramiento. También, midieron la calidad de los argumentos producidos en discusiones de pequeños grupos de estudiantes al inicio y al final de un año escolar teniendo en cuenta la calidad y la fuerza de los refutadores como un indicador de los niveles argumentativos. Sus resultados mostraron mayor número de argumentos ubicados en el nivel 2 tanto al inicio como al final de la investigación.

Tamayo (2011) caracterizó los procesos y productos argumentativos en 2200 niños de básica primaria basado en el modelo presentado por Toulmin (2007) a partir de análisis cuantitativos y cualitativos en 10 actividades de enseñanza. Una de las conclusiones con mayor relevancia en este estudio es el paso de estructuras argumentativas poco elaboradas en la que los estudiantes se remiten únicamente a la descripción de experiencias, al paso de estructuras donde se pueden identificar datos y conclusiones de las situaciones presentadas e incluso el uso de una o varias justificaciones. Este tránsito de un modelo argumentativo insipiente a un argumento con presencia de varios elementos y por ende clasificado con un mayor nivel de argumentación se debe al trabajo intencionado del docente, al desarrollar habilidades argumentativas en clase a través de intervenciones didácticas. También, se le da relevancia al uso de justificaciones como indicador de calidad en la elaboración de los argumentos ya que por medio de este elemento se explica el paso del dato a la conclusión.

Ruiz, Tamayo, & Marquez (2015) desarrollaron una investigación en donde proponen un modelo de enseñanza de la argumentación de una docente con 19 años de experiencia aplicado a un grupo de 29 estudiantes. Una de las conclusiones con mayor relevancia en este estudio es la profundización del conocimiento sobre argumentación en el aula que debe tener el docente, desde lo epistemológico, lo conceptual y lo didáctico. Además, resaltan la importancia de incorporar en las programaciones de aula la argumentación como una competencia indispensable para la construcción de la ciencia escolar.

Pinzón (2014) realizó una investigación mixta en estudiantes de grado undécimo de una institución pública. En ésta interpretaron las intervenciones argumentativas registradas en video desde un enfoque Toulminiano y su relación con el pensamiento crítico. Además, Los estudiantes se clasificaron en tres grupos de acuerdo a su desempeño académico (bajo, medio y

alto) para relacionar su capacidad argumentativa. Se encontró que los estudiantes con mayor número de intervenciones argumentativas eran los clasificados con rendimiento académico alto, éste resultado se debe a la confianza que le da al estudiante tener mejor dominio del tema a discutir, cuando explicita de forma oral sus ideas o posturas. También encontró que las garantías es el elemento que más utilizan los estudiantes en sus intervenciones argumentativas. Además, halló relación en las estructuras argumentativas y el pensamiento crítico en los casos en que los estudiantes presentaban salvedades para lo cual recurrían al uso de respaldos, garantías y evidencias.

Caballero (2008) se planteó detectar las ideas previas relacionadas con conceptos de herencia biológica y al mismo tiempo identificar cuáles son los aspectos conceptuales, dificultades que inciden en el aprendizaje de la genética y la solución de problemas sobre las leyes de Mendel. El estudio se aplicó sobre 168 estudiantes de un colegio de la comunidad de Madrid que cursan primero de bachillerato unificado y polivalente (BUP). La investigadora afirma que una de las dificultades detectadas es la confusión que presentan los estudiantes a la hora de identificar la localización del material genético, su vía de transmisión y el significado de conceptos básicos de genética, además de la falta de conocimientos adecuados sobre reproducción sexual, conceptos de probabilidad y otras variables estadísticas.

En el trabajo de Villa & Torres (2011) se aborda la enseñanza del concepto de herencia biológica desde una perspectiva histórica. Los autores indican la importancia de iniciar con las concepciones de los estudiantes y abordan la enseñanza del concepto de herencia biológica por medio de algunos episodios históricos que inciden en el aprendizaje. Además, proponen realizar un análisis de los obstáculos epistemológicos que dificultan la apropiación del concepto. Asimismo, nombran los componentes de una unidad de secuenciación didáctica en los que

incluyen las actividades de inicio, desarrollo y acabado. Por último, concluyen que el abordaje histórico de los conceptos permite incidir en las concepciones previas de los estudiantes, en el diseño de las actividades de enseñanza, en la identificación de los modelos explicativos y los obstáculos epistemológicos.

Íñiguez & Puigcerver (2013) realizaron un estudio cuantitativo en un instituto de educación secundaria de Barcelona durante cuatro años a estudiantes con edades promedio entre 15 y 16 años. En esta investigación se aplicó una enseñanza de la genética basada en un modelo tradicional en 4 grupos control, y en los 5 grupos experimentales se diseñó y aplicó una propuesta didáctica basada en el modelo de cambio conceptual. En este estudio pudieron concluir que a pesar de que el modelo de enseñanza tradicional también ha sido eficaz en el aprendizaje de los estudiantes de los grupos control, el conocimiento hereditario en los grupos experimentales es más profundo debido a que recibieron una propuesta didáctica innovadora, consiguiendo en los estudiantes significados más completos, correctos y elaborados.

Cardona y Tamayo (2009) realizaron un estudio en cuatro estudiantes de primer semestre en un programa de Biología celular y molecular, quienes por medio de respuestas orales y escritas analizaron estructuras del texto argumentativo, comportamiento discursivo y componente conceptual de herencia. Los estudiantes se ubicaron en los niveles argumentativos 1, 2 y 3, donde se evidencia el uso de datos-conclusión, con justificaciones implícitas; y conclusión-justificación. Además, hicieron análisis exhaustivo de una estudiante, la cual ubicaron conceptualmente en el modelo de herencia mendeliana (dominante - recesivo) principalmente. Este estudio concluyó que las intervenciones argumentativas y los modelos conceptuales presentes en la estudiante están relacionadas por su experiencia y preconceptos cuando el estudiante adopta determinado rol dentro de una situación problema. Respecto a la relación entre



los modelos conceptuales y la argumentación, se evidencia que las prácticas discursivas en el aula potencian la modelización facilitando los procesos evaluativos de enseñanza y aprendizaje.

Por otra parte, Dawson & Venville (2010) resaltan el papel facilitador del docente en las actividades de discusión en el aula. También, manifiestan que los estudiantes disfrutaban de los momentos de discusión implementados en el aula. Los investigadores compararon las actividades de discusión grupal con las diseñadas para estudiantes individuales y concluyeron que las estrategias grupales son más poderosas para la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, Dawson & Venville (2010) plantean la importancia de los trabajos individuales para que el estudiante estructure sus argumentos. Por otro parte, concluyeron que el docente de clase de ciencias debe estar preparado para abordar problemas sociocientíficos, los cuales aportan marcos de referencia para la discusión contextualizada.

Otros autores también recomiendan abordar la enseñanza de las ciencias en una secuencia donde se trabaje el desarrollo histórico del concepto, explicando el cambio en los modelos a través del tiempo (Astudillo, Rivarosa, & Ortiz, 2011). Estos autores analizaron y clasificaron 26 secuencias didácticas en 6 modalidades de enseñanza. Según los resultados sobre las modalidades de enseñanza la más efectiva para enseñar argumentación es la modalidad “en espiral”, la cual permite una progresión conceptual y contrastar teorías, por ejemplo, los diferentes modelos que se han presentado en la historia de los conceptos científicos. Los autores resaltan que esta modalidad de enseñanza permite el abordaje histórico de los conceptos al añadir nuevos aspectos y la formulación de contra-argumentos (Astudillo, Rivarosa, & Ortiz, 2011).

## **3.2 Referente teórico**

En el presente apartado se desarrollaran los referentes teóricos y conceptuales de las categorías abordadas en esta investigación. Se comenzará ilustrando sobre la importancia de la argumentación en la didáctica de las ciencias, así como las diferentes posturas argumentativas encontradas en la literatura científica. Posteriormente, se abordará teoría de modelos, modelización y las implicaciones de la formación científica en el contexto escolar. Además, se tratará la relación entre la argumentación y la modelización. Por último, se resumirá los diferentes modelos sobre el concepto de herencia genética desde una perspectiva histórica y epistemológica.

### **3.2.1 La argumentación en la didáctica de las ciencias**

Actualmente, es fundamental que los docentes implementen la argumentación como una potente herramienta para desarrollar con los estudiantes en las clases y en los últimos años se ha convertido en una de las líneas de investigación más crecientes en la didáctica de las ciencias. La argumentación puede facilitar, dinamizar y mejorar la interacción de un concepto entre dos o más interlocutores, es decir, la argumentación puede ser el proceso mediador en el cual se garantiza parte del paso del saber sabio al saber enseñado (transposición didáctica) dentro del triángulo de la didáctica. Según Jiménez Aleixandre (2010), en las clases donde se promueve la argumentación se adopta una postura constructivista ya que en esta, los estudiantes a partir de sus modelos explicativos iniciales tienen la oportunidad, por medio de la confrontación y discusión entre pares y el docente, de ir identificando sus obstáculos y dificultades para llegar a construir su propio conocimiento dentro de una comunidad de aprendizaje. Además, la argumentación contribuye a aprender a aprender, al desarrollo del pensamiento crítico y a la formación de una cultura científica.

La argumentación es una herramienta para la construcción del conocimiento en las comunidades científicas, sin embargo, también sirve en las aulas de clase para promover el aprendizaje de los conceptos científicos (Cardona & Tamayo, 2009; Dawson & Venville, 2010; Erduran, Simon, & Osborne, 2004; Gilbert & Justi, 2016; Jimenez Alexandre & Diaz de Bustamante, 2003; Sardá & Sanmartí, 2000, entre otros). En las aulas donde se promueve el debate permite a los estudiantes participar de discusiones científicas, en las cuales es necesario hablar sobre las posiciones, ideas y puntos de vista de determinados problemas. Así, los estudiantes deben organizar sus ideas y conceptos científicos para manifestarlos por escrito o verbalmente, participar de las discusiones y aportar activamente de las construcciones individuales o colectivas que se puedan dar en las clases. El estudiante que discute y argumenta se obliga a justificar sus conclusiones con datos y hechos, a apoyar lo que dice dentro de las teorías científicas y a buscar en sus conocimientos, adquiridos en la escuela o fuera de ella, los mejores argumentos para convencer, consensuar o aportar en las discusiones (Gilbert & Justi, 2016). Lo anterior, permite la apropiación y el uso de los conceptos científicos al ser manejados en un contexto académico escolar con el lenguaje adecuado. En este orden de ideas, la argumentación es una poderosa herramienta en la didáctica para la enseñanza de conceptos científicos.

Además, la formación en argumentación prepara al estudiante en la participación social al generar y promover el pensamiento crítico. Por ejemplo, en los problemas de coyuntura socio ambiental en las que entidades externas tienen intereses particulares de explotación en detrimento de las condiciones ambientales y de la calidad de vida de las personas, los individuos y las comunidades deben tener las herramientas críticas para no dejarse engañar por propaganda que le resalta lo bueno y oculta lo malo (lo malo casi siempre a largo plazo) (Tamayo, 2011). Las

personas deben tener la formación que les permita ir más allá de lo que le muestran en primera instancia y buscar evidencias, proyectar el futuro y tener las habilidades de participación para contra argumentar (si es necesario) en defensa de los interés propios y comunes. Las sociedades democráticas deben promover la formación argumentativa para que las personas sean partícipes de sus realidades y discutan con sus pares los problemas coyunturales que les lleven a tomar las mejores decisiones y a participar políticamente (Dawson & Venville, 2010).

Dawson & Venville (2010) resaltan la importancia de la formación en argumentación para que los estudiantes tengan las habilidades para participar de las discusiones en temas socio científicos. Cuando los estudiantes se forman en argumentación (recoger datos, sopesar la evidencia, sustentar dicha evidencia teóricamente, tener en cuenta ideas alternativas, contra argumentar, entre otras) están haciendo parte del proceso científico por el cual se construye el conocimiento. Las comunidades científicas discuten y argumentan las diferentes posturas y teorías para determinar cuál (o cuales) serían las que mejor explique los fenómenos de la naturaleza (Chamizo, 2007; Gilbert & Justi, 2016). Además, el estudiantado conoce y se apropia del lenguaje especializado que le sirve como herramienta concreta para los debates y definir los mejores argumentos en contextos de determinado campo científico (Sardá & Sanmartí, 2000).

### **3.2.2 Modelos argumentativos**

La argumentación ha sido estudiada e implementada desde diferentes posturas y teóricos. Por argumentación se conoce a la capacidad de relacionar explicaciones y pruebas, es decir, evaluar el conocimiento en base a las pruebas disponibles (Jiménez Aleixandre, 2010). Para Driver, Newton, & Osborne (2000) la argumentación es el proceso por el que se emiten razones a favor o en contra de proposiciones. Otra definición de argumentación es la citada por (Giere, 1992), el cual la relaciona a las ciencias y la describe como un proceso de elección entre modelos y teorías

para explicar los fenómenos de la realidad. En la enseñanza de las ciencias, uno de los modelos más empleados para el análisis del discurso de los estudiantes en el aula es el planteado por Toulmin, el cual considera como argumento todo aquello que se puede emplear para justificar o refutar una proposición (Cardona & Tamayo, 2009).

De esta manera se identifican los elementos que conforman un argumento completo en los que coinciden varios autores (Erduran, Simon, & Osborne, 2004; Sardá & Sanmartí, 2000; Jimenez Alexandre & Diaz de Bustamante, 2003; Dawson & Venville, 2010; Chamizo J. A., 2007), en los que se resaltan los siguientes elementos principales:

**Conclusión:** Consiste en la proposición o afirmación en la cual se toma posición o se le da un valor final al argumento. Jimenez Alexandre & Diaz de Bustamante (2003) distinguen este enunciado entre hipótesis y conclusiones. Además, Erduran, Simon, & Osborne (2004) recalcan que esta afirmación debe ser puesta a evaluación públicamente.

**Justificación:** Son las razones principales del texto que permiten pasar de los datos a la conclusión (Sardá & Sanmartí, 2000). Puede ser una explicación que relaciona estos últimos dos elementos (Dawson & Venville, 2010) y Jimenez Alexandre & Diaz de Bustamante (2003) dice que deben ser específicas para cada argumento.

**Dato:** Son las evidencias que soportan la conclusión, esto es, los hechos y fenómenos que apoyan la conclusión (Dawson & Venville, 2010). Según Sardá & Sanmartí (2000), Constituyen la afirmación sobre la cual se construye el texto argumentativo y Jimenez Alexandre & Diaz de Bustamante (2003) distinguen entre los datos suministrados y los obtenidos (empíricos e hipotéticos).

**Respaldo teórico:** Son los supuestos básicos que le dan soporte a la justificación, en este caso se debe tratar de los soportes científicos (Dawson & Venville, 2010), estos fundamentos deben

ser de carácter teórico (Sardá & Sanmartí, 2000) y le dan autoridad a la justificación para relacionar con mayor fortaleza los datos con la conclusión.

Refutadores: Son las circunstancias extraordinarias o excepcionales que pueden debilitar la fuerza que soporta el argumento (Erduran, Simon, & Osborne, 2004). Según Dawson & Venville (2010) es una declaración alternativa u opuesta a las conclusiones, datos o justificaciones del argumento y pueden estar implícitos o explícitos (Jimenez Alexandre & Diaz de Bustamante, 2003). Sardá & Sanmartí (2000) lo llaman “inconveniente” e indican que puede ser un comentario implícito que señala las desventajas del argumento.

Cualificadores modales: Son palabras que muestran el grado de confianza de las conclusiones dados los argumentos que la sustentan (Erduran, Simon, & Osborne, 2004). Igualmente, Dawson & Venville (2010) dicen que son condiciones específicas bajo las cuales la conclusión es verdad. Ejemplos de cualificadores son: quizás, seguramente, usualmente, la mayoría, algunas veces.

Además, de los anteriores Sarda y Sanmartí (2000) agregan otros elementos que dan otro tipo de relaciones a las justificaciones y los datos como son: la ventaja que “es un comentario implícito que refuerza la tesis”, el inconveniente “comentario implícito que señala las circunstancias de desventaja” y la comparación “es una fusión de los anteriores, porque añade otra ventaja de la propia argumentación y cuestiona la validez de los otros” (Giere, 1992).

De esta manera, el trabajo de Stephen Toulmin (2003) ha tenido gran repercusión en la forma como se evalúan los argumentos y como se analizan los componentes que conforman la argumentación, los cuales determinan la calidad de un argumento en relación a la presencia o ausencia de dichos elementos. En la didáctica de las ciencias ha sido muy utilizado los niveles argumentativos propuestos por Erduran, Simon, & Osborne (2004) que consta de cinco niveles:

**3.2.2.1 Nivel 1:** Consisten en argumentos con una simple conclusión.

**3.2.2.2 Nivel 2:** Consiste en argumentos con una conclusión y además con dato, justificación o respaldo, pero no contiene refutadores.

**3.2.2.3 Nivel 3:** Argumentos con una serie de conclusiones con datos, justificaciones o respaldos y, además con una refutación débil.

**3.2.2.4 Nivel 4:** Argumentos con conclusión y una refutación claramente presente. Tal argumento puede tener varias conclusiones.

**3.2.2.5 Nivel 5:** Argumentos extendidos con más de una refutación.

Se hace claridad que los niveles son acumulativos respecto a los elementos de la argumentación, es decir, el nivel 4 incluye la conclusión con dato, justificaciones, respaldo y, además refutación.

Erduran, Simon, & Osborne (2004) hacen un recuento de las dificultades que presenta el modelo argumentativo de Toulmin. Manifiestan la dificultad que se tiene para distinguir la conclusión, los datos y la justificación en un argumento, esto es, que algunos investigadores pueden tener interpretaciones diferentes al identificar los elementos de un argumento y ubicarlo en alguno de los niveles. Esta dificultad radica en que el análisis de los discursos para ubicar los elementos de la argumentación se hace sin tener en cuenta el uso contextualizado del lenguaje y cual es la finalidad del argumento (Cardona & Tamayo, 2009). Este modelo es conveniente para determinar la estructura de un argumento, sin embargo, puede causar confusiones cuando se tratan de textos largos o cuando se quiere analizar la relación entre los elementos de la argumentación.

Por otro lado, otros autores han propuesto otra forma de analizar los discursos argumentativos. Sardá & Sanmartí (2000) hacen un análisis de la fisiología de los textos de los estudiantes desde la perspectiva de Teun Van Dijk quien propone un análisis discursivo desde la lingüística textual en la que va más allá de la estructura y aborda otros aspectos de la

argumentación tales como el contexto en el que se desarrolla, la secuencia de las oraciones (macroestructura), los conceptos y su interrelaciones (superestructura) y las relaciones lógicas del discurso (microestructura).

Otro modelo argumentativo desde el que se ha analizado los discursos de los estudiantes en el aula de ciencias es el de Jean-Michel Adam (Citado por Cardona & Tamayo, 2009), quien, desde la lingüística textual, analiza la argumentación no solo desde el modelo estructural de Toulmin, sino que toma los textos como secuencias argumentativas encadenadas. Además, plantea que puede haber un prototipo de texto argumentativo desde dichas secuencias encadenadas, es decir, que puede encontrar una estructura argumentativa única que configure un buen argumento y entre más se acerque a esa estructura se puede considerar cualquier argumento como bueno. También plantea que, desde estas secuencias, es importante tener en cuenta que la conclusión o justificación de un argumento puede ser el punto de partida para la construcción del siguiente (Sardá & Sanmartí, 2000).

Sardá & Sanmartí (2000) resaltan el hecho de que en el aprendizaje de la ciencia los conceptos se construyen expresándolos, la forma de hablar y de escribir ciencia determina cómo vamos aprendiendo y cambiando nuestros conceptos y mejorando nuestro lenguaje científico. Una forma de facilitar este tránsito entre modelos es abordar los conceptos desde una perspectiva histórica y epistemológica que conlleve al estudiante a entender cómo se dio el cambio entre los modelos científicos de diferentes momentos de la historia, se debe discutir en clase de ciencias cuándo y por qué un modelo científico dejó de ser útil para explicar determinado fenómeno natural y cómo se dio esta transición entre los modelos (Villa & Torres, 2011).

Algunos autores han descrito cómo la argumentación influye en el aprendizaje de los conceptos científicos (Dawson & Venville, 2010; Gilbert & Justi, 2016). Los estudiantes al hacer



todo el proceso científico de evaluar hechos y datos, escoger los más relevantes, asumir una postura y manifestar una conclusión, relacionar dichos datos o hechos con la conclusión, sustentar teóricamente la posición, tener en cuenta los diferentes puntos de vista y los contraargumentos, manifestar de forma escrita y oral las posiciones propias; todo lo anterior hace que el estudiante aprenda conceptos científicos y haga uso del lenguaje propio de las ciencias, como resultado se produce el aprendizaje que permite que los estudiantes muevan sus modelos explicativos iniciales a otros más cercanos a los conceptos científicos. Por consiguiente, la formación en argumentación, enseñar a argumentar en las clases de ciencias naturales, ayuda a que los estudiantes mejoren sus conceptos y sean partícipes de su aprendizaje. La argumentación también mejora las dinámicas sociales en las clases de ciencias, al permitir la participación del estudiantado en discusiones de temas socio científicos y mejora la toma de decisiones en temas coyunturales (Heng, Surif, & Seng, 2014).

Sin embargo, Dawson & Venville (2010) manifiestan que ha sido poco estudiado la relación entre la argumentación y el entendimiento conceptual, no se sabe con certeza cuál es la fuerza de esta relación y como se desarrolla. Otros autores, como Gilbert & Justi (2016), relacionan fuerte y directamente la argumentación con el movimiento de los modelos y por consiguiente con el aprendizaje. Describen como la presencia de diferentes habilidades y destrezas aparecen en el estudiante a medida que va moviendo sus modelos, al expresar sus modelos explicativos por medio de la argumentación se va produciendo la modelización de los conceptos en ciencias.

En el presente trabajo se toma una perspectiva toulminiana de la argumentación, desde su modelo estructural, basado en sus elementos básicos (dato, conclusión, justificación, respaldo teórico y refutador). Sin embargo, se implementa además el análisis de la relación entre dichos elementos a través de la fortaleza, lo cual nos ofrece una mayor claridad para ubicar los niveles

argumentativos en los estudiantes. Desde esta perspectiva, se busca que en el aula el estudiante construya argumentos para convencer a los otros.

### **3.3.3 Sobre modelos explicativos**

La forma de enseñanza tradicional en la que se transmite un concepto por parte del docente hacia el estudiante en la cual se pretende presentar de manera estática y aislada la explicación de teorías científicas dogmáticas sin tener en cuenta el contexto sociocultural ni las modelos explicativos iniciales de los estudiantes es una postura caduca y obsoleta en la didáctica de las ciencias, pero preocupantemente aún presente en las aulas de clase (Ruiz, 2007). Para hacer frente a esta situación es necesario replantear los métodos y formas como se vivencia en las aulas de clase la actividad científica escolar a través de “la ciencia del profesorado de ciencias” haciendo uso del término empleado por Izquierdo-Aymerich (2005, citado por Aduríz-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009) para referirse a la didáctica de las ciencias y poder diseñar una propuesta que permita ser (hacer) asertiva la enseñanza de las ciencias naturales y específicamente para esta investigación en el concepto de herencia biológica.

Una de las posturas actuales más fructíferas en el campo de la didáctica de las ciencias y con mayor crecimiento en el ámbito investigativo es la que se viene desarrollando alrededor del análisis de modelos y la modelización (Aduríz-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009; Chamizo, 2010). Según Aduriz & Ariza (2012), es de carácter primordial el uso de modelos para elucidar los productos de la ciencia y en este orden de ideas, es la escuela semanticista que ha tratado con mayor profundidad el tema de los modelos científicos, la cual responde a los requerimientos epistemológicos de una formación científica. Se puede relacionar la escuela semanticista desde las representaciones de los estudiantes a partir de la ubicación de sus modelos explicativos, los cuales se deben comparar con los modelos científicos escolares.

Para poder implementar esta estrategia de enseñanza en las aulas, es necesario que los docentes tengan fundamentos básicos respecto a la epistemología en una formación científica. A pesar de que la aplicación del constructo de modelo es una respuesta interesante frente a los vacíos epistemológicos que se evidencian en los encargados de enseñar ciencias, se han detectado obstáculos que derivan de la forma en que se aborda la epistemología desde la didáctica de las ciencias, es decir, es necesario una actualización epistemológica de los marcos metateóricos de referencia para la didáctica de las ciencias (Adúriz-Bravo & Ariza, 2012). Por tal motivo es fundamental abordar la discusión entre diferentes escuelas contemporáneas de la epistemología que permitan ajustar de una manera más precisa sus fundamentos en la didáctica de las ciencias (Adúriz-Bravo & Ariza, 2012).

En la enseñanza de las ciencias naturales es fundamental comprender la forma como los estudiantes perciben el mundo y de qué manera le dan explicación a ciertos fenómenos con base en sus propias vivencias y contextos. Hoy en día asumimos los aprendizajes de cualquier concepto a partir de representaciones de una parte (Lopez, Orrego, & Tamayo, 2016) del mundo que construimos en la mente y no del mundo directamente (Moreira, 2002). En consecuencia, se entiende el modelo como el estudio de las formas representacionales con la que los estudiantes interpretan y explicitan los conceptos científicos y permiten entender mejor los procesos de construcción y cambio de las representaciones para enfrentar significativamente la enseñanza de las ciencias (Lopez, Orrego, & Tamayo, 2016; Moreira, 2002), esta es la visión de modelo que se abordó en el presente trabajo.

El termino modelo es considerado polisémico, ya que se puede emplear en distintos momentos dándole diversos significados según el contexto específico (Chamizo, 2010; Aduriz-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009; Justi, 2006), se puede concebir un modelo como ejemplo de

alguna entidad a imitar, como el modelo de la fidelidad de un perro a su amo, también se puede emplear el modelo como una representación analógica de una porción del mundo que se pretende comprender, como por ejemplo el modelo de la estructura de ADN propuesto por Watson, Crick y Franklin. Es este último sentido de modelo el que se pretende emplear en esta investigación al identificar las representaciones que tienen los estudiantes sobre el fenómeno de herencia genética, es decir, sus modelos explicativos iniciales sobre el fenómeno en cuestión que puede ser equivalente a sus modelos mentales y donde por medio de actividades intencionadas para generar espacios argumentativos, sus modelos iniciales cambien y logren una aproximación a los modelos didácticos del docente.

Como se enuncio anteriormente, los modelos se pueden clasificar o interpretar de diferentes formas, entre estas parece conveniente abordar para el caso del ambiente escolar, en el que se debe diferenciar entre un contexto académico científico y uno escolar o didáctico (Chamizo, 2010). Además, siguiendo esta concepción, es posible construir un modelo didáctico de forma material, ésta forma de representación puede ser la expresión de sus modelos mentales en una manera tangible. Un ejemplo puede ser el de una maqueta de una polea como modelo de maquina simple, un modelo de estructuras cromosómicas dentro del núcleo de la célula o la estructura de la molécula del ADN.

Sobre los modelos es indispensable diferenciar dos contextos: el de un modelo conceptual, que es diseñado por investigadores expertos los cuales son representaciones externas compartidas y aceptadas por una comunidad científica académica propio de quienes construyen ciencia, por ejemplo: en genética un conjunto de leyes probabilísticas. Por otro lado se encuentra el contexto de la ciencia escolar en la que se elabora una reconstrucción de conocimientos científicos para que el estudiante aprenda a partir de la transformación de un conocimiento

científico para ser enseñado. En este, se identifican por un lado los modelos didácticos presentados por los expertos en un ambiente escolar y por el otro, los modelos presentados por los estudiantes (Moreira, 2002; Chamizo, 2010).

Para Justi (2006) la actividad científica tanto en el aula de clase como en los laboratorios de investigación debe ser la construcción y validación constante de modelos, así mismo, Chamizo (2010) plantea la idea de que en las aulas de clase los estudiantes constantemente están elaborando y aplicando modelos de forma inconsciente, por tal motivo, esta práctica se distancia de lo que realmente se toma como ciencia escolar e invita a la reflexión sobre las maneras en que desde las escuelas aportamos no solo en la alfabetización científica sino también en la formación de individuos reflexivos y capaces de evaluar constantemente su entorno.

La modelización parte de las preguntas que se deben plantear dependiendo del marco teórico el cual se formulan para la identificación y construcción de un primer modelo mental que se puede tomar como las ideas previas en los estudiantes. En la presente investigación, se diseñó una secuencia didáctica desde un enfoque histórico y epistemológico de la herencia biológica en donde se aplicaron actividades iniciales con la intención de identificar los modelos explicativos iniciales de los estudiantes. El siguiente paso para la modelización requiere de creatividad para poder explicitar de forma material o matemática el modelo mental, una vez explicitado su modelo mental, se debe someter a evaluación para corregir, reconstruir y afianzar su modelo, es decir, es necesario de la discusión y una buena argumentación entre diversos constructores del modelo. Para éste paso de la modelización, luego de identificar las modelos explicativos iniciales se continuó con actividades en las que los estudiantes evaluaron sus modelos iniciales por medio de argumentaciones individuales (Heng, Surif, & Seng, 2014). Finalmente el modelo material debe ser evaluado en el mundo real para que encaje de la mejor manera en este. En el encaje se

prioriza la calidad del argumento y la capacidad de predicción del modelo. En la presente investigación, para este último momento de elaboración de los modelos sobre herencia genética, se generaron discusiones grupales en las cuales se exponen evidencias para confrontarlas con sus pares y determinar las que más se acercan a la explicación del fenómeno (Chamizo, 2010).

Para comprender como la argumentación incide en el cambio de los modelos es necesario ubicar los modelos explicativos iniciales y finales de los estudiantes, aunque en el presente trabajo no es un objetivo realizar el seguimiento a la modelización, es necesario entender como los procesos argumentativos están presentes en dichos cambios desde los modelos iniciales a los finales.

### **3.3.4 Modelos de herencia biológica**

Desde un principio el hombre se ha cuestionado la forma como los padres pasan sus rasgos y características a sus descendientes, la búsqueda para dar respuestas satisfactorias a este interrogante ha generado un sin número de modelos explicativos iniciales fascinantes, inquietantes y hasta temerarios alrededor de la historia natural. Es de destacar que el estudio de la genética como tal es una de las ciencias que más cambios ha experimentado en el último centenario al explicar los misterios de la herencia a finales de 1800, al paso de la comprensión, expresión y manipulación de los genes incluso con el nacimiento de una ciencia nueva, la biología molecular.

**3.3.3.4.1 Pangénesis.** Hipócrates (460 – 377 a.C.) propuso una teoría acerca de cómo los progenitores podían pasar sus semejanzas a sus descendientes. Estas características se pasaban internamente por medio de unas partículas en las semillas (semen masculino y femenino) llamadas gémulas (Cordero, 2004; González, 2014). Estas gémulas eran pequeñas partículas con información de diferentes partes del cuerpo de un individuo que además hacían parte de la

sangre, en el momento de la fecundación estas partículas se concentraban en las semillas masculinas y femeninas para luego mezclarse y de esta manera dar origen al embrión. Además, por medio de ésta teoría, se explicaba porque la descendencia podía tener características tanto de la madre como de su padre (Curtis & Barnes, 2007). Se debe tener en cuenta que para ese momento no se tenía conocimiento sobre algunos de los procesos básicos de la reproducción tal vez por el poco desarrollo tecnológico de la época, cómo formación de gametos (meiosis) o división de células somáticas (mitosis) claves para poder explicar el fenómeno de transmisión de características de padres a hijos. Esta teoría fue retomada años después pero con otro nombre “Herencia mezcladora”.

**3.3.3.4.2 Preformismo.** En el siglo XVII, el desarrollo y mejoramiento del microscopio por parte del holandés Anton Van Leeuwenhoek permitió el descubrimiento de un nuevo universo. Este desarrollo tecnológico revolucionaria los avances en ciencia y el mundo natural generando una cantidad de nuevas ramas para su estudio y el entendimiento de fenómenos claves para el conocimiento científico, como por ejemplo el desarrollo de la teoría celular, el nacimiento de la bacteriología y microbiología, la botánica, la embriología y la medicina entre otros. Fue en este siglo y gracias al avance del microscopio cuando el médico Holandés Reginer de Graaf (1641 - 1673) realizo aportes significativos a la biología reproductiva y propuso una nueva teoría conocida como el preformismo en la cual planteó que los individuos se preformaban dentro del cuerpo materno y que el progenitor solo aportaba una chispa vital.

La teoría preformista planteó que las características del nuevo individuo provenían de uno de los dos progenitores y esta concepción generó dos grupos que defendían posturas opuestas respecto de cuál de los progenitores provenían los rasgos del organismo: la concepción animaculista, la cual proponía la idea de que el organismo esta preformado en el espermatozoide

al que se le llamo animáculo, y por otro lado se encontraban los que proponía que el organismo estaba preformado en el óvulo a la cual se le llamo ovismo. (González, 2014).

**3.3.3.4.3 Caracteres Adquiridos.** En los últimos años del siglo XVIII y primeros del XIX nace una concepción atrevida, polémica y revolucionaria para las ciencias la cual cambió la historia de la biología: la evolución, toda explicación que se dé a los fenómenos de la vida se encuentra permeada por esta concepción del mundo. La primera propuesta evolucionista fue planteada por el naturalista francés Jean Baptiste de Lamarck (1744 - 1829) en su obra *Filosofía Zoológica* publicada en 1809, el mismo año del natalicio de Charles Darwin (Marchisio, Devesa, Rosso, & Sica, 2012). Lamarck afirmó que los órganos se adquieren o se pierden como consecuencia del uso o desuso y que los caracteres adquiridos por un ser vivo son heredados por sus descendientes. El ejemplo más famoso de caracteres adquiridos para explicar cómo se transmiten los rasgos de padres a hijos es el de las jirafas, en el que se plantea que si un herbívoro estira el cuello para alcanzar las hojas más altas, este modificará su cuello generando un alargamiento y después de varias generaciones se va a transmitir esta modificación (característica) a sus crías, de esta forma surgieron las jirafas. Las ideas centrales de los caracteres adquiridos se pueden enunciar así: La vida se origina por generación espontánea, la vida tiende a la perfección, el camino de la evolución es esencialmente lineal y las distintas formas de vida pueden detenerse en los distintos estadios y la adaptación de los organismos se debe a un mecanismos específico de ajuste al medio (Lessa, 1996).

**3.3.3.4.4 Herencia Mezcladora.** La hipótesis más popular en el siglo XIX fue la herencia mezcladora que proponía que cuando se combinan los óvulos y los espermatozoides, se produce una mezcla de material hereditario que da como resultado una combinación semejante a la mezcla de dos tintas de colores diferentes (Curtis & Barnes, 2007). Esta teoría fue respaldada por



Charles Darwin (1809 - 1882) quien creía que en organismos de reproducción sexual los caracteres se mezclaban en los hijos. Pero esta hipótesis era contradictoria a sus propios planteamientos sobre la evolución de los seres vivos, debido a que su teoría de selección natural actúa sobre las variaciones hereditarias y, por el contrario, la herencia mezcladora no solo predecía sino que también homogenizaba las características de una población (Curtis & Barnes, 2007).

**3.3.3.4.5 Herencia Mendeliana.** A mediados del siglo XIX fue publicado un revelador escrito “Ensayos sobre los híbridos vegetales” el cual establecería las bases de la nueva ciencia (Genética), término acuñado por el británico William Batenson en 1905 para designar la ciencia que estudia la herencia y variación de la información de los seres vivos. El responsable de esta publicación en 1866 fue un monje Agustino nacido el 22 de Julio de 1822 en Heinzendorf Austria (hoy Republica Checa) quien trabajo con plantas de guisante al cruzar diferentes características que se manifestaban en formas alternativas y observar el comportamiento de su descendencia en el transcurso de las generaciones. En su trabajo, Mendel planteó las siguientes ideas fundamentales por las cuales se considera el padre de la genética (Curtis & Barnes, 2007; González, 2014):

1. Cada organismo presenta un par de factores (lo que más adelante se conoció como alelos) que regulan o determinan una característica.
2. En la población se encuentran factores que determinan con mayor porcentaje una característica que otras, esto quiere decir que existen características que se presentan con mayor frecuencia en la población (dominantes) y otras características que son menos frecuentes (recesivas). Mendel se percató que cuando cruzaba dos plantas líneas puras

con características alternas su siguiente generación solo presentaba una de las dos, lo cual dio origen a la primera Ley de Mendel.

3. Mendel continuó con sus experimentos al cruzar las plantas descendientes del primer cruce y observó que en los resultados de este se manifestaron características que no presentaban sus progenitores, ósea, en la segunda generación filial reaparecían las características que permanecieron ocultas en la primera, además, Mendel realizó un análisis matemático y determinó los porcentajes de representación de las características en estudio y concluyó que la característica más abundante (dominante) aparecía en una relación 3:1 con la característica menos abundante (recesiva). De estas observaciones se originó la segunda Ley de Mendel.
4. Adicionalmente, Mendel demostró que cuando se analiza la herencia de dos características en el mismo cruce, estas se comportan de manera independiente y se combinan al azar, es decir, la transmisión de cada una de las características se da de manera independiente en el momento en el que se separan sus factores (alelos). Lo anterior dio origen a la tercera Ley de Mendel.

**3.3.3.4.6 Herencia Posmendeliana.** El trabajo de Mendel no tuvo repercusión en 1866 cuando fue publicado, fue solo hasta principios del siglo XX cuando los botánicos redescubrieron estos planteamientos hereditarios. Sin embargo, las Leyes de Mendel no podían explicar todos los fenómenos de la herencia en los seres vivos y se encontraron otros mecanismos para explicar algunos casos que se consideraron excepciones a las Leyes de Mendel. Así se propusieron otros modelos hereditarios que explicaban fenómenos específicos tales como:

- *La herencia ligada al sexo.* Thomas Morgan realizó experimentos con la mosca de la fruta (*Drosophyla melanogaster*) y determinó que hay características que aparecen

exclusivamente en los machos, tal es el caso de los ojos blancos (González, 2014). Esto se debe a que hay alelos que están ubicados en uno de los brazos del cromosoma X que no tienen el homólogo en el cromosoma Y, los cuales siempre se van a manifestar independientemente si son recesivos.

- *Los alelos múltiples.* Se refiere a los casos en los que un solo carácter puede tener más de dos copias de un mismo gen (varias formas alélicas) manifestando más de dos características hereditarias en su descendencia, a diferencia de Mendel quien hizo sus experimentos eligiendo casos donde solo se presentan dos características antagónicas (Rueda, 2014).
- *Codominancia.* Se observa en los casos donde se manifiestan dos características dominantes a la vez, sin eliminarse la expresión la una de la otra. Un caso es la herencia de los tipos sanguíneos donde se expresa el AB, en cuales se manifiestan los dos debido a que ambos son dominantes (Rueda, 2014).
- *Dominancia incompleta.* En este tipo de herencia posmendeliana se observa que cuando se cruzan dos alelos que manifiestan características diferentes se produce una tercera característica intermedia, en la que parece que se mezclen dichos rasgos, sin embargo, no se puede hablar de mezcla debido a que aparecen independientemente en generaciones posteriores. En este caso lo que en realidad sucede es que los dos alelos reducen u opacan la expresión del otro produciendo la característica intermedia. Un ejemplo se observa en las flores de las plantas boca de dragón en las que al cruzar plantas con flores rojas con plantas de flores blancas se producen flores rosadas (Rueda, 2014).

## 4. Metodología

### 4.1 Enfoque Metodológico

El enfoque de la presente investigación fue de carácter cualitativo de corte descriptivo – comprensivo. Las investigaciones de carácter cualitativo permiten una mirada profunda a los fenómenos en educación, donde los estudiantes tienen participación activa en las fases de la investigación. Además, el docente está inserto como investigador, participando de las actividades con una mirada “desde adentro”, lo cual le puede dar una visión más profunda de los fenómenos educativos y hacer relaciones entre las categorías de estudios y el contexto en el cual se desarrolla la investigación (Rodriguez & Valldeoriola, 2009). Igualmente, este tipo de diseño permite la reinterpretación y adaptación constante de las categorías de estudio al adaptarlas a las eventualidades que se pueden presentar en los contextos cambiantes de las investigaciones educativas. Por tal motivo, este tipo de investigación permite una mirada más amplia del fenómeno educativo y a la vez más profundo al ser llevado a cabo en un aula de clase (Sandoval, 2002).

En esta investigación se demostró la relación de la argumentación en los cambios de los modelos explicativos de herencia genética desde una mirada comprensiva para interpretar los datos y analizar sus cambios potenciales y sus relaciones. Por otro lado, permitió la visión del fenómeno desde diferentes ángulos, debido a que obligó tomar información en diferentes momentos y con diferentes instrumentos comprobables entre sí, para facilitar la triangulación y extraer las interpretaciones y las relaciones de las categorías estudiadas (Okuda & Gomez-Restrepo, 2005). En conclusión, este tipo de investigación cualitativa permitió acercarnos a la

interpretación y comprensión profunda de los fenómenos de naturaleza compleja que caracterizan la educación.

Por otro lado, la investigación tuvo un componente descriptivo (Sandoval, 2002), el cual pretende, como su propio nombre lo dice, describir de una manera general los cambios que se producen en los niveles argumentativos y los modelos explicativos en la totalidad de los estudiantes que participaron de esta investigación medidos en dos momentos, inicial y final. El componente comprensivo (Sandoval, 2002) pretendió profundizar no solo los cambios que se producen en estas dos categorías, sino también la relación entre ellas y los posibles procesos cognitivos que participan en estos, analizados de manera minuciosa y específica en solo dos estudiantes durante toda la investigación. El análisis comprensivo debe facilitar el entendimiento del fenómeno de estudio, es decir, poder establecer como es la interacción de la argumentación en los cambios de los modelos explicativos de herencia genética en estos estudiantes.

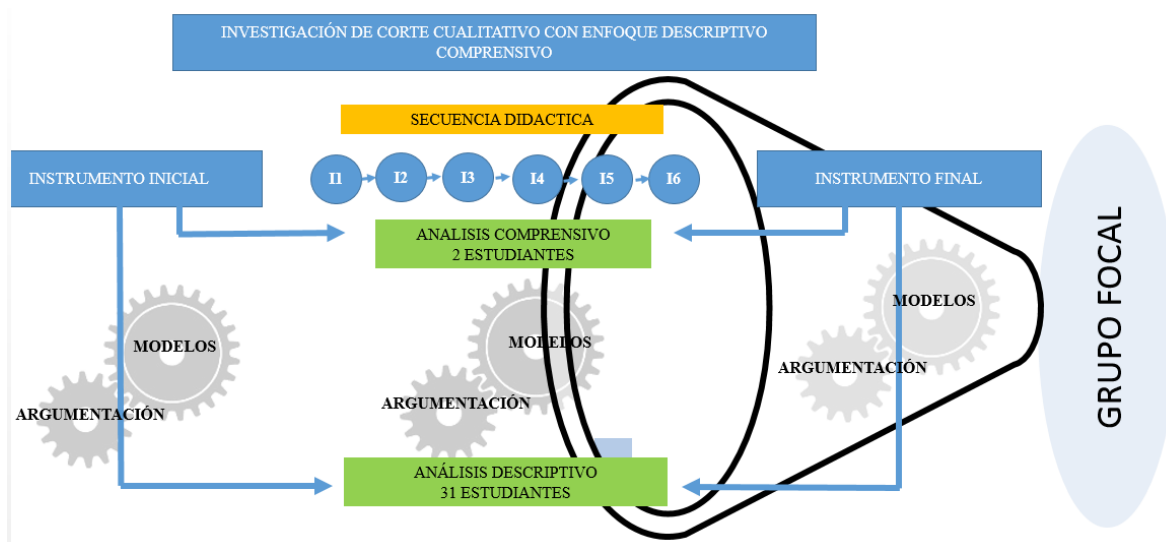
#### **4.2 Unidad de trabajo**

En la presente investigación se realizó un análisis descriptivo con 31 estudiantes de un total de 37 de noveno grado (seis de los estudiantes no cumplieron con el total de las actividades aplicadas durante la investigación) de la institución educativa Rufino José Cuervo Centro de la ciudad de Armenia, Quindío, Colombia, la cual es de carácter oficial con estudiantes de estratos socioeconómicos medio-bajo. El análisis comprensivo se realizó a dos estudiantes los cuales fueron seleccionados debido a que participaron en todas las fases de la investigación, mostraron interés y curiosidad por los contenidos de herencia genética y participaron activamente de las discusiones grupales. El grupo presentó 17 niñas y 14 niños comprendidos entre los 14 y 17 años de edad. Se seleccionó el grado noveno debido a que en el plan de estudios están contemplados

los contenidos de genética en la institución. Además, se contó con el consentimiento informado de los padres de familia de cada uno de los estudiantes que participaron de la investigación.

### 4.3 Unidad de análisis

En este trabajo la unidad de análisis es comprender la relación entre la argumentación y los cambios en los modelos explicativos de herencia genética en estudiante de grado noveno.



**Figura 1:** Diseño de la investigación. Se observan los tres momentos principales de investigación: instrumento inicial, secuencia didáctica (seis intervenciones) y el instrumento final, además del grupo focal para el análisis comprensivo. Los engranajes representan la incidencia de la argumentación en los modelos explicativos de herencia genética. Fuente: Elaboración de los autores.

### 4.4 Fases de la investigación

En este apartado se explican las cuatro fases de la investigación distribuidas así: primera fase de diseño y diagnóstico, segunda fase de intervención por medio de una secuencia didáctica sobre los modelos de herencia genética, tercera fase de aplicación del instrumento final y cuarta fase de registro con un grupo focal (Figura 1).

#### **4.4.1 Primera fase: diseño y diagnóstico**

**4.4.1.1 Instrumento de identificación de modelos explicativos iniciales.** Para la primera fase de la investigación se diseñó un instrumento de preguntas abiertas con la intención de generar respuestas argumentativas sobre el concepto de herencia genética. El cuestionario fue diseñado por los autores de esta investigación, las preguntas hicieron referencia a la solución de problemas relacionados con la transmisión de características hereditarias. Las preguntas fueron revisadas por expertos y posteriormente el instrumento fue validado en un grupo de diez estudiantes del mismo nivel académico y edades similares de la misma institución, los cuales no participaron en la investigación. Después de analizar las respuestas de los estudiantes en el instrumento validado, se hicieron los ajustes necesarios para la aplicación del instrumento en la primera fase de la investigación (Anexo 1).

#### **4.4.2 Segunda fase: secuencia didáctica**

En esta fase de la investigación se diseñó una secuencia didáctica sobre el concepto de herencia genética desde una perspectiva histórica y epistemológica del concepto con base en la adaptación del ciclo de aprendizaje propuesto por (Quintanilla, Daza, & Merino, 2010) (Anexo 2). Esta perspectiva permitió abordar los modelos explicativos iniciales de los estudiantes y llevarlos de manera progresiva por el desarrollo del concepto de herencia genética que les permitió contrastar las teorías que surgieron en el tiempo, como se validaron en su momento y porque dejaron de ser efectivas para explicar el fenómeno de la herencia. Con las actividades de la secuencia los estudiantes discutieron y argumentaron en subgrupos de trabajo compuesto por cinco o seis estudiantes las ventajas y desventajas de sus modelos explicativos iniciales y compararlos con las teorías que los naturalistas e investigadores en diferentes momentos de la historia propusieron para explicar la transmisión de características de una generación a otra.

La secuencia se diseñó con siete intervenciones, una pensada para cada modelo explicativo del concepto de herencia genética así (Anexo 2):

**4.4.2.1 Intervención 1.** Contrato didáctico.

**4.4.2.2 Intervención 2.** ¿Cómo se forma un homúnculo? Modelo preformista.

**4.4.2.3 Intervención 3.** ¿Mis hijos heredan los cambios durante mi vida? Modelo de herencia de caracteres adquiridos.

**4.4.2.4 Intervención 4.** ¿Son nuestras características el resultado de la mezcla de otras características? Modelo de herencia mezcladora.

**4.4.2.5 Intervención 5.** ¿Por qué algunas características son más comunes? Modelo mendeliano.

**4.4.2.6 Intervención 6.** ¿Quién lleva la información hereditaria? Modelo reproductivo.

**4.4.2.7 Intervención 7.** ¿Cuáles casos hereditarios no son explicados por las leyes de Mendel? Modelo posmendeliano.

Cada una de las intervenciones presento la siguiente estructura: fase de exploración de modelos explicativos iniciales; fase de reestructuración en la cual se intervino los modelos explicativos correspondientes teniendo en cuenta la argumentación como parte del proceso; fase de aplicación en la cual se aplicaron actividades argumentativas que partieron de preguntas problematizadoras y por último fase metacognitiva como parte del proceso reflexivo en la construcción del saber. Todas las intervenciones presentaron momentos de argumentación individual escrita con el objetivo que cada estudiante afianzara sus argumentos frente a las situaciones dadas, las cuales fueron discutidas posteriormente en los momentos argumentativos grupales que fueron registrados en audios para luego ser transcritos y analizados.



Además, en las actividades de la secuencia se motivó la evaluación de los modelos que se formularon a través de la historia del concepto de herencia genética y se discutió la validez de cada uno en los momentos argumentativos. De esta forma se construye el conocimiento científico escolar, salvando las distancias, así mismo es como se da la construcción del conocimiento científico ente expertos, en el cual las comunidades científicas discuten los diferentes modelos para elegir cual encaja mejor en los fenómenos del mundo real.

#### **4.4.3 Tercera fase: aplicación del instrumento final**

En esta fase se diseñó el instrumento final con el objetivo de identificar los modelos explicativos y los niveles argumentativos en los estudiantes después de las intervenciones de la secuencia didáctica. En este instrumento se plantearon problemas similares al instrumento inicial y se conservaron tres problemas del primer instrumento, con el fin de permitir la comparación de las respuestas iniciales y finales de los estudiantes (Anexo 3).

#### **4.4.4 Cuarta fase: grupo focal**

Después de la aplicación del cuestionario final se escogió un grupo focal de acuerdo a Mella (2000), de cuatro estudiantes según los siguientes criterios: que hayan sido participativos en los momentos argumentativos grupales y además, mostrado interés por los contenidos de la secuencia didáctica. En este grupo se encontraban los dos estudiantes, E33 y E36, a los cuales se le realizó el análisis comprensivo. En la reunión se debatieron las seis preguntas del instrumento final y se registró en audio para su posterior transcripción.

## **4.5 Tratamiento de la información**

En esta sección se detallará la forma en que se analizó la información recogida en las diferentes fases de la investigación para identificar los modelos explicativos de herencia genética y los niveles argumentativos tanto en el análisis descriptivo como en el comprensivo.




La información fue recogida en diferentes momentos de la investigación a través de registros escritos y de audios en todas las fases de la investigación. Todos los insumos recolectados fueron transcritos para su posterior análisis. Estos diferentes medios de recolección de información permitieron la triangulación y le dio una mayor validez y confiabilidad a los resultados (Jimenez Alexandre & Diaz de Bustamante, 2003; Okuda & Gomez-Restrepo, 2005). Otro aspecto que contribuyó a la triangulación fue que los autores analizaron y codificaron por separado los datos obtenidos en los diferentes momentos de la investigación, para luego comparar y consensuar la ubicación de niveles argumentativos y modelos explicativos finales. Por otro lado, la codificación fue revisada por parte de expertos para corroborar la confiabilidad de la información.

### **4.5.1 Modelos explicativos**



Los modelos explicativos de herencia genética se adaptaron a partir de González (2014) con un enfoque histórico y epistemológico del concepto. Se analizaron las respuestas de los estudiantes en los momentos iniciales de la investigación y se determinó que algunas respuestas de los modelos explicativos de los estudiantes no se identificaron en los modelos propuestos por González (2014), por lo cual se propusieron otros modelos que incluyeran estas respuestas, tales como los modelos reproductivo, posmendeliano, el mendeliano general y el mendeliano específico (Tabla 1).

Tabla 1

*Modelos explicativos acerca de herencia genética. Cada figura geométrica representa un modelo explicativo. Adaptado de González (2014).*

Modelo	Precursor	Características	Criterios
<b>Cotidiano</b> 		<p>Son las creencias populares acerca de la herencia. Un ejemplo de ello es que los caracteres se heredan por medio de la sangre, o que en la sangre se lleva toda la información hereditaria. Se cree que el papa pasa más información por ser de carácter dominante.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los factores hereditarios están almacenados en la sangre.</li> <li>2. La herencia se transmite por motivos místicos o religiosos.</li> <li>3. La herencia está determinada por prevalencias sociales.</li> <li>4. Las características hereditarias se determinan en el desarrollo embrionario.</li> </ol>
<b>Preformista</b> 	<p>Aristóteles (384-322 a.C.),  Hipócrates (460 a 367 a.C),  Graaf (Finales del siglo XVIII)</p>	<p>- Los nuevos individuos se preformaban dentro del cuerpo materno y que el padre solo proveía la “chispa vital” necesaria para comenzar el desarrollo del embrión, unas dentro de otras.  -Todas las generaciones se encontraban preformadas</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. El organismo ya viene preformado en los gametos.</li> <li>6. El macho o la hembra aportan la esencia vital.</li> </ol>
<b>Herencia mezcladora</b> 	<p>Darwin (1856)</p>	<p>-La unión de los gametos provoca la mezcla de las gémulas de los dos progenitores.  -Cuando se combinan los óvulos y los espermatozoides, se produce una mezcla de</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Mezcla o combinación de características o gametos.</li> </ol>

		material hereditario que resulta en una combinación semejante a la mezcla de dos tintas de diferentes colores. -Tanto los machos como las hembras contribuían en la descendencia.	8. Cada órgano o tejido del organismo del progenitor aporta partes (gémulas) para la formación de gametos.
<b>Herencia de caracteres adquiridos</b>	Lamarck (1809)	-Los rasgos que cada individuo adquiere durante su vida pueden ser transmitidos a sus descendientes. -Las adaptaciones de los seres vivos al medio ambiente, se fijan y se propagan a las generaciones sucesivas, es decir, que estos caracteres son heredables.	9. Las características adquiridas en vida del individuo son heredables a la prole. 10. Un órgano se puede desarrollar con el uso y se puede atrofiar o desaparecer si no se usa.
<b>Mendeliano general</b>		Se considera la herencia desde una visión molecular, donde participan ADN y genes, sin considerar conceptos como dominante y recesivo.	11. La información hereditaria está contenida en estructuras como ADN y genes. 12. La información hereditaria se pasa de los progenitores a la descendencia. 13. Las características son el resultado de la expresión de los genes.
<b>Mendeliano específico</b>	Mendel (1860)	-Cada característica está determinada por dos copias del gen cada uno proveniente de un progenitor.	14. Existen características determinadas por genes recesivos y dominantes.

	<p>-Los alelos pueden ser dominantes o recesivos y cada gameto posee una copia de alguno de los dos alelos.</p> <p>-Los alelos se segregan en los gametos.</p> <p>-Existe la misma probabilidad de heredar los alelos del padre o la madre.</p>	<p>15. Una característica está determinada por dos copias (alelos), cada una aportada por un progenitor.</p> <p>16. Existen características que no se manifiestan en la F1, pero si en la generación F2.</p>
<p><b>Reproductivo</b></p>  <p>Thomas Hunt Morgan (1911)</p>	<p>Una visión de transmisión de caracteres más enfocada al proceso de división celular, más ligada a la reproducción y fecundación que a la transmisión de caracteres hereditarios. Los cromosomas son estructuras presentes solo en el proceso de división.</p>	<p>17. Los gametos contienen la información hereditaria.</p> <p>18. La fecundación es el proceso por el cual se transmiten las características hereditarias de padres a hijos.</p> <p>19. En la herencia están involucradas estructuras tales como cromosomas, núcleo y gametos.</p>
<p><b>Post-mendeliano</b></p> 	<p>Modelos de herencia ligada al sexo, dominancia incompleta, codominancia alelos múltiples y pleiotropia.</p>	<p>20. Una característica puede estar determinada por más de dos alelos.</p> <p>21. Dos alelos se pueden expresar a la vez de manera independiente en un mismo gen.</p>

22. La característica puede ser el resultado de la expresión de dos genes.
23. Existen características que se expresan solo en uno de los dos sexos.

A cada uno de los modelos explicativos se le asignaron criterios, los cuales describen las características de cada uno de estos, de esta manera se logró identificar los criterios en las respuestas de los estudiantes asociados a cada uno de sus modelos (Tabla 5).

Para el análisis de los modelos explicativos se tuvo en cuenta todas las respuestas de cada momento o fase de la investigación, se asignaron los criterios a cada respuesta y de esta manera se estableció como modelo principal el que presentó el mayor número de criterios y como modelos secundarios los que estuvieron menos representados (por ejemplo, para ubicar el modelo explicativo de la fase inicial se tuvo en cuenta el total de criterios de todas las respuestas de esta fase y se estableció cual era el modelo explicativo con mayor número de criterios como modelo principal).

#### 4.5.2 Niveles argumentativos

Tabla 2

*Rejilla de orientación para ubicar los niveles argumentativos. Adaptado por Francisco Ruiz Ortega (comunicación personal, 11 de marzo de 2016) a partir de los niveles argumentativos de Toulmin.*

Nivel	Característica	Valoración
1	Comprende argumentos que solo presentan una o más conclusiones ó presentan datos.	CONCLUSIÓN O DATO

2	Aquellos argumentos en los que se identifican con claridad los datos y una o más conclusiones, presentando poca o ninguna relación entre estos dos elementos.	DATOS, 1 CONCLUSIÓN SIN CONEXIÓN
3	Aquellos argumentos en los que se identifican con claridad los datos y una o más conclusiones, presentando relación fuerte entre ellos.	DATOS, 1 O MAS CONCLUSIÓN CON RELACIÓN
4	Argumentos en los que se identifican con claridad los datos, una o más conclusiones y al menos una justificación, que intenta relacionar los elementos anteriores	DATOS, CONCLUSIÓN, JUSTIFICACIÓN.
5	Argumentos en los que se identifican con claridad los datos, una o más conclusiones y al menos una justificación que relaciona claramente los elementos anteriores.	DATOS, CONCLUSIÓN, JUSTIFICACIÓN CON RELACION
6	Argumentos en los que se identifican con claridad los datos, conclusiones, justificaciones y/o refutaciones con coherencia entre dichos elementos.	DATOS, CONCLUSIÓN, JUSTIFICACIÓN O REFUTACIÓN
7	Argumentos constituidos por datos, conclusiones, justificaciones y respaldo teórico, con coherencia entre dichos elementos.	DATOS, CONCLUSIÓN, JUSTIFICACIÓN, RESPALDO TEÓRICO
8	argumentos en los que se identifican datos, conclusiones, justificaciones, respaldos,	DATOS, CONCLUSIÓN, JUSTIFICACIÓN., RESPALDO

contraargumentos y cualificadores, con coherencia entre dichos elementos.	TEÓRICO, CONTRAARGUMENTOS
--	------------------------------

Para la ubicación de los niveles argumentativos en las respuestas de los estudiantes se utilizó la rejilla propuesta por F. Ruiz (comunicación personal, 11 de marzo de 2016) (Tabla 2) basada en el modelo argumentativo de Toulmin, la cual consta de ocho niveles según la presencia de los elementos de la argumentación y la relación entre estos elementos (Tabla 2). Se tomó la rejilla no solo como un instrumento para medir la calidad de los argumentos sino también como un indicador del cambio en los niveles argumentativos de los estudiantes en diferentes momentos de la investigación (Erduran, Simon, & Osborne, 2004). En otras palabras, el modelo argumentativo nos permite rastrear los cambios de los niveles argumentativos de los estudiantes en cada una de las fases de la investigación.

Los insumos de recolección de información tenían momentos argumentativos individuales escritos los cuales permitieron que los estudiantes prepararan sus argumentos para los momentos argumentativos grupales. En los momentos argumentativos grupales se generó discusión alrededor de una pregunta problematizadora en grupos de cinco o seis estudiantes que fueron registrados en audio y posteriormente transcritos. Para la ubicación de los elementos de la argumentación se analizó toda la transcripción de los audios y las intervenciones de los estudiantes teniendo en cuenta los argumentos anteriores de sus compañeros. La intervención del docente fue nula en las discusiones de los sub-grupos y poca en el audio final con el grupo focal.

Se diseñó un código de colores para cada elemento de la argumentación así:

**CONCLUSION**

**DATO**



## JUSTIFICACION

## REFUTACION

## RESPALDO TEORICO

Los textos y las transcripciones fueron analizados argumentativamente usando el código descrito anteriormente para los elementos de la argumentación identificados en cada una de las respuestas de los estudiantes en las diferentes fases de la investigación. En el análisis los colores permitieron una rápida identificación de los elementos de la argumentación utilizados para cada estudiante en sus intervenciones.

Cuando los elementos de la argumentación no concordaban con los elementos correspondientes al nivel propuestos en la rejilla se ubicó de acuerdo al número de elementos en el argumento del estudiante, como lo propuso Erduran, *et. al.* (2004). Por ejemplo, si en un argumento se encontró dato y conclusión, conclusión y justificación o dato y justificación se ubicó en un nivel argumentativo 2.

Cuando se encontró una respuesta con datos, justificación y conclusión sin relación entre estos elementos se ubicó en el nivel argumentativo 4 según la rejilla, pero si presentó los mismos elementos con una relación fuerte entonces se ubicó en el nivel argumentativo 5.

### **4.5.3 Fortaleza entre los elementos de la argumentación**

Para determinar la relación entre los elementos de la argumentación se diseñaron unos indicadores de fortaleza entre dichos elementos (Tabla 3), que facilitó la ubicación precisa de los niveles argumentativos según la rejilla propuesta (Tabla 2), los indicadores fueron de congruencia y poder explicativo.

El indicador de congruencia se basó en los criterios de congruencia y no-congruencia propuestos por Duval (1999) en los cuales se tiene en cuenta si la forma de representación

semiótica de la respuesta del estudiante es congruente con el modelo explicativo, es decir, la congruencia es alta cuando la respuesta del estudiante es más cercana al modelo explicativo didáctico del docente.

El indicador de poder explicativo hace referencia al número de criterios de modelos explicativos en las respuestas de los estudiantes, cuando el estudiante usa más de dos criterios en su argumento, presenta un alto poder explicativo, debido a que puede manejar más de un elemento conceptual en su argumento. Se consideró que para tener fortaleza alta en la relación entre los elementos de la argumentación debió tener los dos indicadores altos. Por ejemplo, cuando una respuesta presentó dato, justificación y conclusión con una fortaleza débil entre estos elementos se ubicó en nivel argumentativo 4, por el contrario, cuando una respuesta presentó los mismos elementos con fortaleza alta se ubicó en nivel argumentativo 5.

Tabla 3

*Indicadores de fortaleza de relación entre los elementos de argumentación.*

Indicador	Descripción
Congruencia <sup>1</sup>	Forma de representación semiótica congruente con el modelo explicativo (bajo y alto)
Poder explicativo	Numero de criterios de modelos explicativos (bajo y alto) <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Según Duval (1999)

<sup>2</sup> Se considera alto cuando maneja dos o más criterios de los modelos explicativos en su argumento.

Indicador	Bajo	Alto	Fortaleza*
Congruencia			
Poder Explicativo			

\* Se considera una fortaleza alta cuando los dos indicadores son altos.

#### **4.6 Análisis descriptivo**

Para el análisis descriptivo se tuvo en cuenta 31 estudiantes a los cuales se ubicaron sus modelos explicativos y niveles argumentativos en los momentos iniciales y finales.

Respecto a los modelos explicativos iniciales se tuvo en cuenta el instrumento inicial, una pregunta de la primera intervención de la secuencia didáctica y la discusión de los subgrupos en el primer momento argumentativo de la secuencia. Para ubicar los modelos explicativos finales se tuvo en cuenta el instrumento final y una pregunta problematizadora de la última intervención de la secuencia didáctica.

En relación a la información analizada para los niveles argumentativos iniciales se utilizó tres preguntas del instrumento inicial que generaron argumentación, una actividad problematizadora que hizo parte de la primera intervención de la secuencia didáctica y el audio del primer momento argumentativo grupal. La información de los niveles argumentativos finales se obtuvo con el instrumento final, una actividad de la última intervención de la secuencia didáctica y el audio de la discusión grupal en la parte final de la secuencia didáctica.

#### **4.7 Análisis comprensivo**

El análisis comprensivo se realizó a dos estudiantes los cuales fueron seleccionados debido a que participaron en todas las fases de la investigación, mostraron interés y curiosidad por los contenidos de herencia genética y participaron activamente de las discusiones grupales.

La información de este análisis fue obtenida en nueve momentos de la investigación así: instrumento inicial, seis intervenciones de la secuencia didáctica consideradas como momentos independientes, instrumento final y grupo focal. Para la realización del grupo focal (Mella, 2000) se eligieron cuatro estudiantes a los cuales se les realizó las mismas preguntas del instrumento final, entre estos cuatro estudiantes se encontraban los dos a los cuales se les hizo el análisis

comprensivo. En esta fase se les permitió a los estudiantes expresarse de manera oral con poca participación del docente y fue registrado en audio para posterior transcripción. A cada uno de los momentos de este análisis se les realizó el mismo tratamiento descrito anteriormente para los modelos explicativos y los niveles argumentativos.

El desarrollo metodológico aplicado en la investigación nos permitió observar como cambiaron los modelos explicativos y los niveles argumentativos de los estudiantes a través de la aplicación del instrumento inicial, las actividades de clase de la secuencia didáctica, el instrumento final y el grupo focal. Además, nos dio herramientas que nos sugirieron como influyeron las actividades argumentativas en el cambio del modelo explicativo.

## 5. Resultados Y Discusión De Análisis Descriptivo

En este capítulo se muestra los resultados y el análisis del componente descriptivo de la investigación. En este apartado se muestra los resultados de los modelos explicativos de herencia genética y niveles argumentativos iniciales y finales en los 31 estudiantes. Se trata primero el análisis y discusión de los modelos explicativos, seguido de los niveles argumentativos.

### 5.1 Modelos explicativos

En los resultados analizados de los 31 estudiantes se observa que en la respuestas del cuestionario inicial el modelo explicativo más común es el mendeliano general, representado por 21 estudiantes (67,7%), y con poca representación de los modelos cotidiano y mendeliano específico (9,6%), herencia mezcladora y reproductivo (6,4%). Estos resultados tienen en cuenta el modelo más representado después de la triangulación de las respuestas de cada estudiante en el momento inicial (Gráfica 1). Como se puede observar en las siguientes tablas, en la cual el estudiante E14 fue ubicado inicialmente en el modelo cotidiano con elementos de mendeliano general y al final se ubicó en el modelo mendeliano específico; y el E30 el cual fue inicialmente ubicado en el modelo mendeliano general con elementos del modelo reproductivo y al final fue ubicado en el modelo mendeliano específico con elementos de mendeliano general.

Tabla 4

*Respuestas de E14 en el momento inicial. Para la ubicación de los modelos explicativos se tuvo en cuenta las repuestas del instrumento inicial y los insumos de la primera intervención de la secuencia didáctica (una actividad de la primera intervención de la secuencia didáctica y las intervenciones orales), como se describe en la metodología. Instrumento inicial (anexo 1), secuencia didáctica y audio posmendeliano (anexo 2).*

	Dato	Criterio	Modelo
Instrumento			
Pregunta 2	Por medio de herencia (abuelos bisabuelos)	16	
Pregunta 3			
Pregunta 4	No, porque los individuos no son por naturaleza con la cola corta	12	
Pregunta 5	Sí, porque la descendencia de la enfermedad está en el grupo sanguíneo celular entonces pueda que ellos no tuvieran la enfermedad, pero puede de que el organismo presente esa descendencia.	12 1	Modelo cotidiano con elementos de modelo mendeliano general.
Pregunta 7	Color marrón porque la de color marrón tienen útero	4	
Actividad secuencia preformista	De que es un experimento irreal porque no es posible que de un huevo salga un supuesto hombre		
Audio preformista	JS: (0:34) Ah no pues a mí no me parece, de que el homúnculo este en el espermatozoide	18	

porque entonces como harían para fecundar 18

una mujer.

JS: (1:05) Bueno pero entonces la pregunta  
sería ¿Cómo hace para, el ovulo, para tener el 5

hombrecito si no ha sido fecundado?

JS (1:51) Pues obviamente que sí.

JS (2:10) Pero en ese video que a mí no me  
parece tan coherente, porque para matar un  
bicho de esos otra vez, pues entonces no hace  
nada. Además, se supondría que eso sería un  
descubrimiento, pues, fantástico, donde  
llegarían a hacer un homúnculo. Y él lo mató.

Entonces qué.

JS (2:41) Por eso vea, lo hizo un alquimista

en el siglo XVIII y un muchacho que

supuestamente había hecho un homúnculo y

se le había alcanzado a formar, entonces

porque lo mató. Yo no creo que sea verdad.

JS (3:17) No pero tampoco, yo creo que lo

del video si no es real porque entonces ahí

perdió una oportunidad de tener mucha fama,

de un descubrimiento, de afirmar algo que los

alquimistas hicieron.

JS (4:03) Haber ¿Y lo de los óvulos qué?

En las respuestas del cuestionario final solo se evidencian la representación de dos modelos explicativos, los modelos mendeliano general y el mendeliano específico. El modelo explicativo mendeliano específico fue el más representado en las respuestas de 20 estudiantes (64,5%) y el mendeliano general con 11 estudiantes (35,5%). Estos resultados concuerdan con Cardona & Tamayo (2009), quienes reportaron los modelos explicativos de herencia usados por una estudiante que estaban representados por el modelo particulado, el cual está identificado como el modelo mendeliano general en el presente trabajo. En el ejemplo de la tabla 5 se puede observar como el E14 cambió sus modelos iniciales por el modelo mendeliano específico y en la tabla 7 se observa como el E30 cambió sus modelos explicativos iniciales hacia el modelo mendeliano específico como principal y mantuvo elementos del modelo mendeliano general como secundario.

Tabla 5

*Respuestas de E14 en el momento final. Para la ubicación de los modelos explicativos se tuvo en cuenta las respuestas del instrumento final y los insumos de la última intervención de la secuencia didáctica (una actividad de la última intervención de la secuencia didáctica y las intervenciones orales), como se describe en la metodología. Instrumento final (anexo 3), secuencia didáctica y audio posmendeliano (anexo 2).*

	Dato	Criterio	Modelo
Instrumento			
Pregunta 1	Oscuro ya que los alelos de los padres de		
	María son oscuros y dominantes y los de	14	
	Juan serían uno recesivo y el otro	15	
	dominante por lo cual los hijos de Juan y		Mendeliano
	María saldrían con ojos cafés		especifico



	5 y 6, ya que al cruzarse daría con los	14
Pregunta 2	alelos dominantes y se daría los cabellos oscuros y sin lóbulo.	15
Pregunta 3	Saldría con la cola larga ya que son así de nacimiento. EJ: Si un muchacho musculoso tiene un hijo el niño va a salir con cuerpo normal y no musculoso.	12
Pregunta 4	Sí, ya que los alelos que obtuvieron por sus padres está en sus genes. No se expresaron pero lo tienen en sus genes y lo pueden heredar a sus hijos.	15 16 13
Pregunta 5	Es adoptado porque el padre AB+ no puede tener un alelo O+, aunque la mamá sí.	14 12 15
Pregunta 6	Saldrá de color marrón la que aporta el útero el más importante y las otras aportan óvulo pero sin núcleo y en la otra aporta el núcleo de una célula.	4
Actividad secuencia posmendeliano	Primera pareja el bebé es el O ya que si es O ambos saldría O el bebé. Segura pareja el bebé es el B ya que se le expresa el B porque es dominante. Tercera pareja: el bebé es el AB ya que se expresa el de la madre.	15 14 12

Cuarta pareja: es el bebé es el A ya que  
se expresa el padre.

JS (0.29) ¿Pero que no cree?

JS (0.34) ¿Datos de qué?

JS (0.41) ¿Y que están sospechando?

JS (0.46) Bueno siga.

JS (1.25) Pues obviamente sí van ser de  
ellos ahuevada

JS (1.34) ¿Cuál? ¿Qué dato hace falta?

JS (1.34) ¿Cuál? ¿Qué dato hace falta?

JS (1.50) Por los datos que arroja vea el  
papá es AB+ y la mamá es O+,

Audio

Posmendeliano

obviamente tiene que salir un hijo con  
O+, por la combinación de los dos

Grupos sanguíneos.

JS (2:05) Por la combinación de los dos  
grupos sanguíneos.

JS (2.49) Lerma ¿Escuchó? Usted que es  
el que le debate.

JS (3.05) Póngale cuidado, A+ pueden  
salir de todo, A+. Y O+ pueden salir O+  
y B-, por lo tanto si son los hijos.

JS (3.34) Ósea, pueden salir O+.

Tabla 6

*Respuestas de E30 en el momento inicial. Para la ubicación de los modelos explicativos se tuvo en cuenta las repuestas del instrumento final y los insumos de la última intervención de la secuencia didáctica (una actividad de la última intervención de la secuencia didáctica y las intervenciones orales), como se describe en la metodología. Instrumento final (anexo 3), secuencia didáctica y audio posmendeliano (anexo 2).*

	Dato	Criterio	Modelo
Instrumento			
Pregunta 2	Por los genes de sus antepasados	16	
	Porque los otros cromosomas los	19	
Pregunta 3	complementa el otro, es decir, el ovulo	18	
	complementa el espermatozoide y viceversa.		
	Supongo que las crías deben tener cola larga	11	
Pregunta 4	porque sus genes son de cola larga y el ADN	12	
	es así que sus crías deberían heredar eso.	13	
		11	
Pregunta 5	Sí, porque de uno u otro modo los genes de	12	
	la familia no se pierde.	16	Mendeliano
			general con
Pregunta 7	Negra porque lo que apporto el núcleo de la	17	Elementos de
	célula fue la negra.		reproductivo
Actividad de la	Haría el experimento para poder		
secuencia	comprobarlo y hacer una investigación más a		
modelo	fondo sobre la teoría del homúnculo para ver	18	
preformista	si hay posibilidades de que esto sea real		
	porque no creo que lo sea.		

Audio preformista	0.15 En mi opinión esta teoría es falsa porque tanto un espermatozoide y un óvulo necesitan, se necesitan para poder crear vida.
-------------------	--

*Fuente: Elaboración de los autores*

Tabla 7

*Respuestas de E30 en el momento final. Para la ubicación de los modelos explicativos se tuvo en cuenta las repuestas del instrumento final y los insumos de la última intervención de la secuencia didáctica (una actividad de la última intervención de la secuencia didáctica y las intervenciones orales), como se describe en la metodología. Instrumento final (anexo 3), secuencia didáctica y audio posmendeliano (anexo 2).*

	Dato	Criterio	Modelo
<b>Instrumento</b>			
Pregunta 1	Podría salir con ojos color café o con ojos color claro, lo más probable es con ojos cafés, pero como Juan tiene en sus genes el alelo recesivo de color claro así que también existe ésta probabilidad.	16	Mendeliano
		12	
		14	
		15	
Pregunta 2	1 y 2 porque el alelo A es dominante sobre el a y saldría de cabello oscuro. El alelo b es homocigoto recesivo y por tanto saldría sin lóbulo de la oreja.	13	especifico con elementos de mendeliano general
		15	
		14	
Pregunta 3	En mi opinión sus crías saldrían con la cola larga ya que eso va en los genes y se hereda por medio de ello sin importar que	13	
		12	

	cambios superficiales se hallan hecho en los ratones que se cruzaron.	
Pregunta 4	Si, porque así ellos no padezcan esto, son portadores de ello y se podría manifestar dicha enfermedad en sus hijos.	16 13
Pregunta 5	La madre si podría ser progenitora del joven pero no hay probabilidad de que el padre sea progenitor del joven, porque la mezcla de estos dos tipos de sangre sería "A""B" o "AB".	14 15
Pregunta 6	En mi opinión la oveja saldría color negro porque es en el núcleo del óvulo que se guardan, los genes y la oveja negra fue la que aportó dicha célula.	17
Actividad secuencia posmendeliano	Primera pareja: Bebé O Segunda pareja: Bebé AB Tercera pareja: Bebé B Cuarta pareja: Bebé A  Porque como el tipo O no tiene aglutinógeno lo hace recesivo y al unirse con cualquier otro tipo de sangre se expresa ese porque al tener aglutinógenos lo hace dominante.	14 13

Fuente: Elaboración de los autores

Otro ejemplo que evidencia el cambio que se dio entre los modelos mendeliano general y mendeliano específico en los momentos inicial y final se relacionan a continuación con las respuestas de la siguiente pregunta:

En la fotografía se ve una familia en la cual los padres presentan acondroplasia (un tipo de enanismo), sólo uno de cuatro hijos presenta la enfermedad. ¿Cree que es posible que los hijos sanos de este matrimonio puedan tener descendencia con acondroplasia? Argumente su respuesta.

Cuestionario inicial:

E02 *“Yo creo que si porque así él no le haya dado acondroplasia el ADN de él puede que tenga y se le pase a sus hijos o por herencia porque son los abuelos o no por que el muchacho salió sano.”*

E12 *“Si porque en los cuerpos de los hijos quedaran genes de los padres y pueden pasar a sus hijos”*

E14 *“Sí, porque la descendencia de la enfermedad está en el grupo sanguíneo celular entonces pueda que ellos no tuvieran la enfermedad, pero puede de que el organismo presente esa descendencia.”*

E24 *“No, porque la verdad si ellos NO tiene eso NO.”*

Cuestionario final:

E02 *“Porque los alelos con la enfermedad no se pudieron manifestar en los hijos sanos.”*

E12 *“Si es muy probable porque de cierta forma el alelo enfermedad está escondido o es recesivo y al tener un hijo podría activarse el gen o que lo más probable también sea que ninguno hayan nacido con ese recesivo no tengan problema con ese. (Me refiero a los hijos sanos).”*

E14 “*Sí, ya que los alelos que obtuvieron por sus padres está en sus genes. No se expresaron pero lo tienen en sus genes y lo pueden heredar a sus hijos.*”

E24 “*Yo creo que sí porque esa enfermedad viene en los alelos o genes pero en algunos hijos se desarrollaron pero la posibilidad de que salga con esa enfermedad es de un 30% porque el otro 70% los hijos salieron altos.*”

Se debe tener en cuenta que las respuestas de los estudiantes no siempre están representadas por un solo modelo, sino que puede haber tendencias a representar un modelo principal con elementos de otros modelos explicativos. En las tablas 6, 7 y 8 se muestra la ubicación de los modelos explicativos de los estudiantes teniendo en cuenta que no siempre se marca claramente un único modelo, porque algunas veces se presenta tendencia a un modelo explicativo con elementos de otro. La metodología propuesta en el presente trabajo a través de criterios permite que se identifiquen los modelos principales y los secundarios de los estudiantes. Cardona & Tamayo (2009) hacen referencia a las repuestas de una estudiante analizada, la cual presenta el modelo de herencia particulada en el 50% de las respuestas, además de presentar en menor medida el modelo de herencia mezcladora.

Tabla 8

*Modelos explicativos de herencia genética iniciales y finales de 31 estudiantes.*

ESTUDIANTE	MOMENTO INICIAL		MOMENTO FINAL	
	Modelo	Modelo	Modelo	Modelo
	Principal	Secundario	Principal	Secundario
<b>E01</b>	Mendeliano general	Reproductivo	Mendeliano general	Mendeliano específico
<b>E02</b>	Mendeliano general		Mendeliano específico	

<b>E03</b>	Mendeliano general		Mendeliano general	Mendeliano específico
<b>E04</b>	Mendeliano general		Mendeliano específico	
<b>E05</b>	Mendeliano general	Mendeliano específico	Mendeliano específico	Mendeliano general
<b>E06</b>	Mendeliano general		Mendeliano específico	Mendeliano general
<b>E07</b>	Herencia mezcladora		Mendeliano específico	
<b>E08</b>	Herencia mezcladora	Mendeliano general	Mendeliano específico	Mendeliano general
<b>E09</b>	Mendeliano general		Mendeliano general	
<b>E10</b>	Mendeliano general	Mendeliano específico	Mendeliano específico	Mendeliano general
<b>E11</b>	Mendeliano específico		Mendeliano general	Mendeliano específico
<b>E12</b>	Mendeliano general		Mendeliano específico	
<b>E13</b>	Mendeliano general		Mendeliano específico	Mendeliano general
<b>E14</b>	Cotidiano	Mendeliano general	Mendeliano específico	

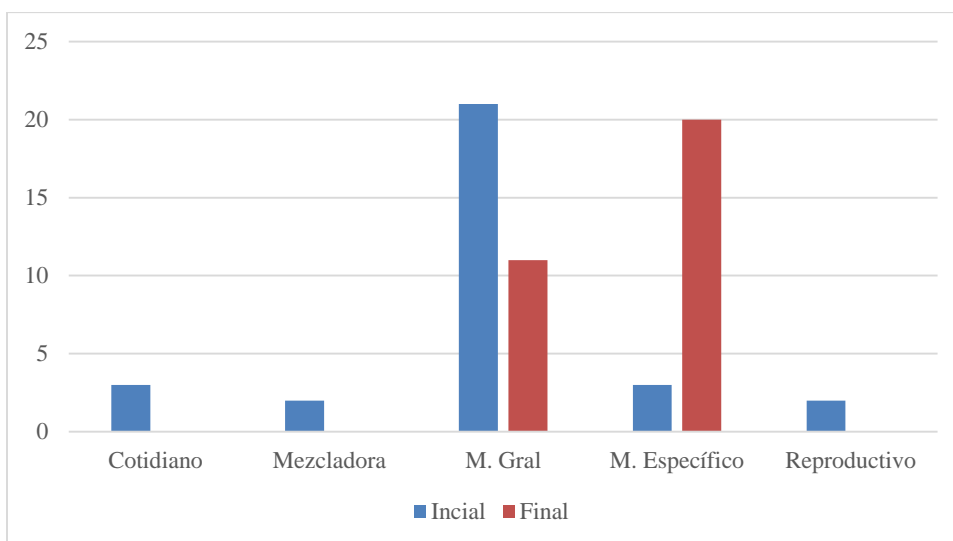
---



<b>E15</b>	Mendeliano general		Mendeliano específico	Mendeliano general
<b>E19</b>	Mendeliano general		Mendeliano general	Mendeliano específico
<b>E20</b>	Mendeliano general		Mendeliano general	Mendeliano específico
<b>E21</b>	Mendeliano específico		Mendeliano específico	Mendeliano general
<b>E23</b>	Mendeliano general	Herencia mezcladora	Mendeliano específico	Mendeliano general
<b>E24</b>	Reproductivo	Mendeliano general	Mendeliano general	Mendeliano específico
<b>E26</b>	Cotidiano		Mendeliano específico	Mendeliano general
<b>E27</b>	Mendeliano general		Mendeliano general	Mendeliano específico
<b>E28</b>	Mendeliano general		Mendeliano específico	
<b>E29</b>	Reproductivo	Mendeliano general	Mendeliano general	Mendeliano específico
<b>E30</b>	Mendeliano general	Reproductivo	Mendeliano específico	Mendeliano general
<b>E32</b>	Mendeliano general	Mendeliano específico	Mendeliano específico	Mendeliano general

<b>E33</b>	Mendeliano general		Mendeliano específico	Mendeliano general
<b>E34</b>	Mendeliano específico	Mendeliano general	Mendeliano general	Mendeliano específico
<b>E35</b>	Cotidiano	Mendeliano general	Mendeliano general	Mendeliano específico
<b>E36</b>	Mendeliano general	Reproductivo	Mendeliano específico	Mendeliano general
<b>E37</b>	Mendeliano general	Mendeliano específico	Mendeliano específico	Mendeliano general

*Fuente: Elaboración de los autores*



**Gráfica 1:** Modelos explicativos de herencia genética iniciales y finales de 31 estudiantes. Fuente: *Elaboración de los autores.*

Los resultados indican que los modelos explicativos de los estudiantes en general se movieron a otros modelos explicativos, por lo regular se movieron del mendeliano general al mendeliano específico (Tablas 4, 5, 6, 7 y 8). Solo cinco estudiantes no presentaron movimiento entre los

modelos explicativos iniciales y finales. Además, se evidenció que las respuestas con elementos de otros modelos explicativos son más comunes en el cuestionario final (Tabla 8), lo cual puede significar que los estudiantes están en transición entre dichos modelos (Ayuso, 2000).

Por otro lado, se puede observar que el movimiento entre modelos se dio entre el mendeliano general y el mendeliano específico. El modelo mendeliano general es una visión enfocada a las estructuras que contienen la información genética. Es de tener en cuenta que en el plan de estudios del grado anterior los estudiantes abordaron temáticas relacionada con la reproducción celular y el almacenamiento de la información hereditaria (Tablas 6 y 8). Así, los estudiantes presentan modelos explicativos iniciales relacionados con genes, ADN y cromosomas, como estructuras, mas no como procesos de transmisión hereditaria. El modelo mendeliano específico se evidencia en respuestas donde se hallan relaciones de dominancia y recesividad en el que cada progenitor aporta copias de alelos y cuando se tiene en cuenta las características que no se expresan en la generación filial 1 pero si en la generación filial 2 (Tablas 5, 7 y 8). En la secuencia didáctica se intervino el modelo mendeliano con actividades argumentativas individuales y grupales de herencia mendeliana, lo cual facilitó que los estudiantes profundizaran en dicho modelo y expresaran elementos en los que se pudieron ubicar en el modelo mendeliano específico, más cercano a los conceptos de expresión de características hereditarias. Ageitos, Puig & Calvo-Peña (2017) y Benitez (2013) identificaron que despues de aplicar actividades de modelización se produjo un moviento entre modelos, lo cual concuerda con nuestros resultados (Tabla 8).

Según Iñiguez & Puigcerver (2013) los conceptos de ADN, gen, cromosoma, genética, mutación, han trascendido el conocimiento popular insertándose en el discurso sobre temas de herencia, por tal motivo es fácil encontrarlos en los modelos explicativos iniciales de los

estudiantes (Tablas 4 y 6). Sin embargo, los estudiantes llegan sin tener claro los mecanismos de transmisión hereditaria que permiten el paso de las características de una generación a otra. La intervención de la secuencia didáctica y los momentos argumentativos permitieron que los estudiantes asociaran los conceptos de genética a procesos hereditarios propios del modelo mendeliano específico. Por ejemplo, comenzaron a manejar conceptos como alelos dominantes y recesivos (Tablas 5, 7 y 8). Además, en el siguiente ejemplo se puede ver como los estudiantes en el momento inicial presentaron respuestas tales como: “Si, porque lo lleva en los genes” (E08); “...Sin embargo, llevan en su ADN esto” (E15) se refieren a que las estructuras genéticas almacenan y pasan la información hereditaria a la descendencia, sin embargo desconocen los procesos de transmisión hereditaria.

Después de la intervención didáctica, en el momento final, se encontraron respuestas como: “Porque el alelo “A” es el dominante sobre el “a” y saldría de cabello oscuro. El alelo “b” es homocigoto recesivo y por lo tanto saldría sin lóbulo de la oreja” (E03); “porque esa herencia la tienen los padres y muy probablemente esos genotipos se los debe dar a todos sus hijos de sus hijos” (E35). Estas últimas respuestas evidencian que los estudiantes movieron sus modelos explicativos del mendeliano general al mendeliano específico, en donde las respuestas del cuestionario inicial solo el 9,6% de los estudiantes se ubicaron en el modelo mendeliano específico, a diferencia de las respuestas del cuestionario final el 64,5% fueron ubicados dicho modelo (Tabla 8).

Cabe resaltar que a pesar de que en las respuestas del cuestionario final el modelo con mayor representación fue el mendeliano específico, no se perdió el modelo mendeliano general, que aparece como secundario en el 45% de los estudiantes que presentaron como modelo principal el mendeliano específico (Tablas 6, 7 y 8). Estas familias de modelos presentes en las

respuestas de los estudiantes es reportada en la literatura como parte del proceso de transición que se puede dar en los modelos explicativos cuando se produce el aprendizaje (Cardona & Tamayo, 2009; Gilbert & Justi, 2016; Garcia, 2016). Además, Ayuso (2000) manifiesta que hasta un 30% de los estudiantes podrían presentar situaciones intermedias en los modelos explicativos de herencia genética.

Asimismo, se puede observar como en las respuestas del cuestionario inicial tuvieron representación los modelos explicativos cotidiano (9,6%), herencia mezcladora (6,4%) y reproductivo (6,4%), los cuales ya no estuvieron presentes en el cuestionario final (Tabla 4, 5, 6, 7, 8 y gráfica 1).

## **5.1.2 Criterios de los modelos explicativos**

### ***5.1.2.1 Tratamiento de las respuestas de los estudiantes en la ubicación de los modelos explicativos***

Como se puede observar en la tabla 9 se identificaron los criterios asociados a los modelos explicativos en las respuestas de los estudiantes. Se puede observar que en algunas respuestas se identificó con claridad el criterio, por ejemplo el E04 responde "...porque Dios lo decidió así...", en la cual se puede asociar directamente con el criterio 2 del modelo cotidiano. Igualmente, el E15 responde "Si, porque esta enfermedad en ellos no se desarrolló, sin embargo llevan en su ADN esto", se puede identificar el criterio 11 perteneciente al modelo explicativo mendeliano general. Este tratamiento de la información en el cual se asignaron criterios para identificar los modelos explicativos, permitió la ubicación de cada estudiante en dichos modelos. Además, estos criterios facilitaron identificar si el estudiante presentaba varios modelos explicativos en sus respuestas y cuál era el predominante. Cuando se presentaban un mayor número de criterios

perteneciente a un modelo explicativo se identificaba como el modelo principal y cuando se presentó un número significativo de criterios de otro modelo, este se identificó como secundario (Tablas 4, 6, 7 y 8).

Tabla 9

*Ejemplos de criterios de modelos explicativos identificados en las respuestas de los estudiantes.*

<b>Modelo</b>	<b>Criterios</b>	<b>Respuesta según criterio estudiantes</b>
<b>Cotidiano</b>	1. Los factores hereditarios están almacenados en la sangre.	1. porque la descendencia de la enfermedad está en el grupo sanguíneo (E14).
	2. La herencia se transmite por motivos místicos o religiosos.	1. ...ya que llevan estos genes en su sangre y pueden ser representados en sus hijos (E13). 2. ...porque Dios lo decidió así... (E04).
	3. La herencia está determinada por prevalencias sociales.	3. ...porque siempre la mayoría de los casos llevamos es el tipo de sangre de nuestro
	4. Las características hereditarias se determinan en el desarrollo embrionario.	padre... (E11). 3. ...como el gen del papá es más fuerte su hijo puede salir con los ojos oscuros (E20).
<b>Preformista</b>	5. El organismo ya viene preformado en los gametos.	5. ...el ovulo es el que contiene el hombrecito... (E15).
	6. El macho o la hembra aportan la esencia vital.	5. Por la forma en la que se está formando adentro del espermatozoide (E04).

		5. A mí me parece que es verdad que en el espermatozoide esté el bebe (E02).
	7. Mezcla o combinación de características o gametos.	7. Yo creería que sale negra con manchas blancas porque están aportando el óvulo y núcleo al juntarse eso daría una mezcla de los dos colores (E01).
<b>Herencia mezcladora</b>	8. Cada órgano o tejido del organismo del progenitor aporta partes (gémulas) para la formación de gametos.	7. Saldría gris, porque se mezclarían todos los genes (E08).
<b>Herencia de caracteres adquiridos</b>	9. Las características adquiridas en vida del individuo son heredables a la progenie.	9. ...pues si ellos se llegan a cortar la cola (...) Pero después de que ya a muchas generaciones se les haya hecho el mismo procedimiento y sean de la misma familia, estos desarrollarían probablemente un sistema en el que ejerzan un tipo de estrategia como: nacer sin la cola... (E23).
	10. Un órgano se puede desarrollar con el uso y se puede atrofiar o desaparecer si no se usa.	10. Porque las otras células presentan una función mayor que la otra (E27).
<b>Mendeliano general</b>	11. La información hereditaria está contenida en estructuras como ADN y genes.	11. Sí, porque lo llevan en sus genes (E08).
	12. La información hereditaria se pasa de los progenitores a la descendencia.	11. Si, porque esta enfermedad en ellos no se desarrolló, sin embargo llevan en su ADN esto (E15).
	13. Las características son el resultado de la expresión de los genes.	12. Porque podrían heredar a de la madre y a del padre (E03).

---

		12. ...y esta enfermedad se pasa de generación en generación (E05).
		13. Sí, ya que los alelos que obtuvieron por sus padres está en sus genes. No se expresaron pero lo tienen en sus genes y lo pueden heredar a sus hijos (E14).
<b>Mendeliano específico</b>	14. Existen características determinadas por genes recesivos y dominantes.	14 y 15. Porque el alelo "A" es el dominante sobre el "a" y saldría de cabello oscuro. El alelo "b" es homocigoto recesivo y por lo tanto saldría sin lóbulo de la oreja (E03).
	15. Una característica está determinada por dos copias (alelos), cada una aportada por un progenitor.	16. porque esa herencia la tienen los padres y muy probablemente esos genotipos se los debe dar a todos sus hijos de sus hijos (E35).
	16. Existen características que no se manifiestan en la F1, pero sí en la generación F2.	16. No se puede manifestar por la de los papás, pero puede ser ojos claros, porque se manifiesta de los abuelos (E02).
	17. Los gametos contienen la información hereditaria.	17. Pues puede salir negra ya que ésta tiene el núcleo de la célula allí es donde está toda la información (E05).
<b>Reproductivo</b>	18. La fecundación es el proceso por el cual se transmiten las características hereditarias de padres a hijos.	18. ...genéticamente se juntaron un gameto de la mamá y uno del papá... (E05).

---



<p>19. En la herencia están involucradas estructuras tales como cromosomas, núcleo y gametos.</p>	<p>19. ...porque es en el núcleo que se guardan todos aquellos genes que se manifiestan... (E03).</p>
	<p>19. ...porque al contener el núcleo de las células tiene cromosomas y los cromosomas contienen la información genética... (E06).</p>
<p>20. Una característica puede estar determinada por más de dos alelos.</p>	
<p>21. Dos alelos se pueden expresar a la vez de manera independiente en un mismo gen.</p>	<p>21. ...o también pero poco probable es que se pueda presentar la codominancia... (E36).</p>
<p><b>Post-mendeliano</b></p>	
<p>22. La característica puede ser el resultado de la expresión de dos genes.</p>	<p>21. La tercer pareja tendría el hijo AB, porque A y AB porque los dos se juntaría y por tal razón saldría AB (E08).</p>
<p>23. Existen características que se expresan solo en uno de los dos sexos.</p>	

*Fuente: Elaboración de los autores.*

Por otro lado, algunos criterios fueron representados tanto al momento inicial como al final, tal es el caso del criterio 7 perteneciente al modelo herencia mezcladora, el cual se puede observar en las respuestas de los estudiantes de la siguiente pregunta del instrumento inicial y final (Anexo 1 y 3):

Actualmente, los desarrollos tecnológicos permiten alterar, suplantarse o suprimir el núcleo de cualquier célula. La aplicación de esta técnica es muy utilizada por la industria agropecuaria.

Para el siguiente caso hipotético se escogieron tres ovejas así: Blanca, aporta un óvulo sin núcleo. Negra, aporta el núcleo de una célula. Marrón, aporta el útero. ¿Cómo crees que será el color de la oveja que se desarrolla después de este procedimiento? Argumente su respuesta y represéntelo con un dibujo.

Respuestas cuestionario inicial:

E02 *“Blanca, negra y amarilla. Me parece que cada una sale de ese color.”*

E03 *“La oveja saldría con manchas porque hay 3 ovejas de un color diferente”*

E07 *“Lo más probable es que salga de color porque tiene parte de cada una de las ovejas”*

E8 *“Puede ser blanca con manchas negras y café o los 3. Porque tiene una parte de cada uno.”*

E32 *“Puede salir con estos 3 colores las ovejas con el marrón, negra y blanca.”*

Respuestas de estudiantes en el cuestionario final:

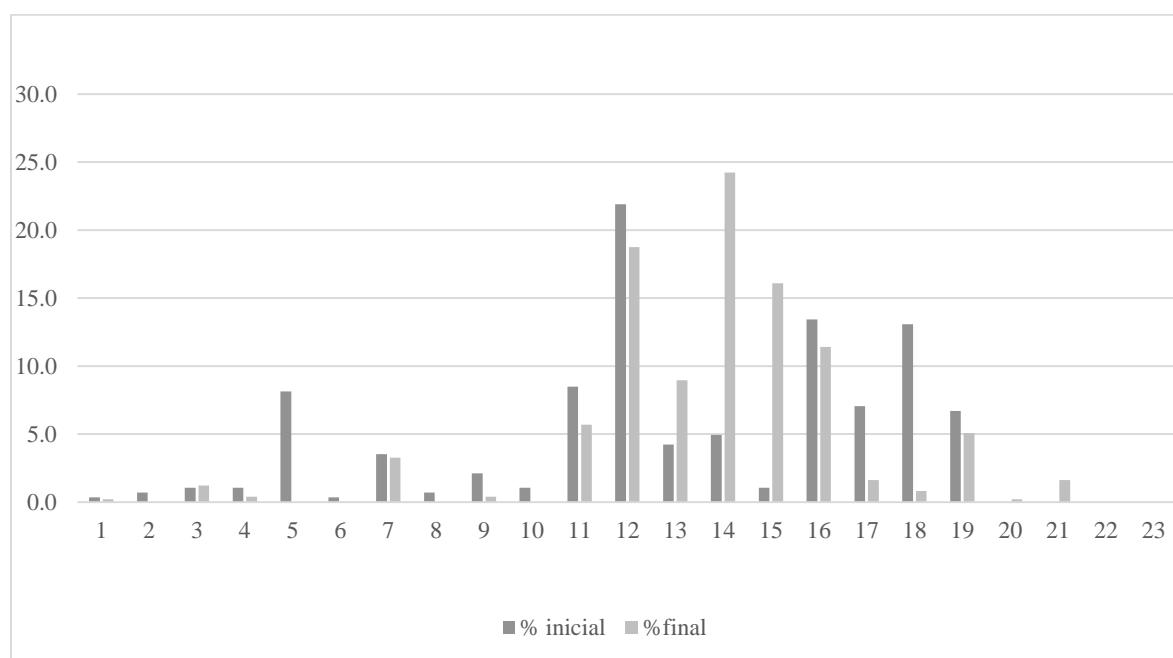
E01 *“Yo creería que sale negra con manchas blancas porque están aportando el óvulo y núcleo al juntarse eso daría una mezcla de los dos colores.”*

E04 *“Porque combinando todo eso y los genes se muestra que eso dará color gris adjuntando todo eso con los genes.”*

E11 *“Gris, porque al cruzar el blanco con el negro da como resultado este color mientras que si yo cruzo el blanco con el marrón me va a dar un color oscuro, entonces para mí el resultado es que da color gris.”*

E24 *“La oveja va a salir color café oscuro ya que hay dos aportes de colores oscuros, pero como la oveja también aporta mucho en ese cruce, por lo tanto yo pienso que la oveja va a salir de un tono más o menos oscuro.”*

Respecto a los criterios que se usaron para determinar los modelos explicativos de herencia genética se encontró que en las respuestas del cuestionario inicial se presentaron modelos que desaparecieron en las respuestas del cuestionario final (criterios 5, 6, 8 y 10), como se puede evidenciar en la gráfica 2. Los criterios 5 y 6, pertenecientes al modelo Preformista, no se identificaron en el cuestionario final, cabe resaltar que estos criterios fueron identificados en la actividad de indagación de modelos explicativos iniciales, se puede sostener que durante los espacios de discusión los estudiantes cuestionaron la veracidad de este modelo y lo modificaron posteriormente.



**Gráfica 2:** Porcentaje de criterios de los modelos explicativos de herencia genética iniciales y finales en 31 estudiantes. Fuente: elaboración de los autores.

Asimismo, algunos criterios que no estaban en las respuestas del cuestionario inicial aparecieron en el cuestionario final como los criterios 20 y 21 pertenecientes al modelo Postmendeliano (Gráfica 2). Es posible que estos criterios no hubieran aparecido en el momento inicial debido a que son propios de ambientes académicos y requieren de un conocimiento previo

en herencia mendeliana para ser evidenciados en los estudiantes en el cuestionario final.

Además, la intervención de la secuencia didáctica abordó contenidos del modelo postmendeliano como herencia ligada al sexo, dominancia incompleta, codominancia y alelos múltiples que permitieron la aparición de estos criterios en el instrumento final.

González (2014) reportó que el modelo con mayor representación en las respuestas de los estudiantes fue el modelo explicativo cotidiano, debido a que relacionaban la ubicación de la información hereditaria en la sangre. En el presente trabajo se encontró muy poco representado el criterio 1 perteneciente al modelo cotidiano, el cual dice que los factores hereditarios están almacenados en la sangre, con menos del 1% en las respuestas de los estudiantes en el momento inicial y final.

En la gráfica 2 también se evidencia que los criterios más representados están en los modelos mendeliano general, mendeliano específico y reproductivo, tanto en el momento inicial como en el momento final. Los criterios del modelo mendeliano general (11, 12 y 13) se mantuvieron en los dos momentos con una alta representación, lo cual respalda lo observado en la tabla de modelos (Tabla 8) donde este modelo aparece como principal con el 67,7% en el momento inicial (Tabla 6) y 35,5% en el momento final, además aparece con 45% como modelo secundario en el momento final (Tabla 7). Estos criterios fueron identificados como modelos explicativos iniciales, según Ayuso & Banet (2002) estos modelos no se movieron con facilidad debido a que los estudiantes los traen inicialmente. Asimismo, estos criterios hacen parte del conocimiento que adquiere el estudiante culturalmente, a través de los medios de comunicación (Ageitos & Puig, 2016; Abreu, Castello, & Vianna, 2011). Ayuso (2000) plantea que es poco común que los estudiantes tengan modelos explicativos iniciales cercanos a los modelos explicativos didácticos del docente, lo cual contrasta con los presentes resultados que muestran

que en el momento inicial estaban muy bien representados los criterios 12 del modelo mendeliano general el criterio 16 del modelo mendeliano específico y el criterio 18 del modelo explicativo reproductivo (Tablas 4 y 6).

Los criterios 17 y 18 del modelo reproductivo disminuyeron su representación en el momento final con respecto al momento inicial; estos criterios fueron identificados como modelos explicativos iniciales posiblemente debido a que en el plan de estudios del año anterior se trataron contenidos relacionados con reproducción los cuales están asociados con cromosomas, núcleo, división celular, gametos y fecundación como se puede ver en la tabla 9. Sin embargo, al final estos criterios disminuyeron su representación posiblemente debido a que los estudiantes comprendieron que en los fenómenos de transmisión de caracteres hereditarios no solamente están implicados los procesos reproductivos, sino también procesos mendelianos y postmendelianos.

Por otro lado, los criterios 14 y 15 aumentaron ampliamente su presencia en las respuestas de los estudiantes en el momento final con respecto al momento inicial (Tablas 5 y 7). El criterio 14 fue el que tuvo mayor porcentaje de representación en el momento final, el cual hace referencia a las relaciones entre genes dominantes y recesivos. El criterio 15 hace referencia a que una característica está determinada por dos copias (alelos), cada una aportada por un progenitor. Este aumento fue debido a las actividades desarrolladas en la secuencia didáctica en las que se estructuraron los modelos explicativos de herencia mendeliana específica (Villa & Torres, 2011; Benitez, 2013).

Por otro lado, podemos observar que en una misma respuesta se pueden identificar varios criterios, por ejemplo, E03 manifiesta “Porque el alelo “A” es el dominante sobre el “a” y saldría de cabello oscuro. El alelo “b” es homocigoto recesivo y por lo tanto saldría sin lóbulo de la

oreja”, donde se puede identificar los criterios 14 y 15. El criterio 14 relaciona las características hereditarias con genes recesivos y dominantes y el criterio 15 habla que dichas características están determinadas con por dos copias (alelos), ambos criterios pertenecientes al modelo mendeliano específico.

Algunos criterios no se encontraron en las respuestas, como por ejemplo el criterio 8 del modelo de herencia mezcladora y los criterios 20, 22 y 23 del modelo post-mendeliano (Tabla 1 y 9). El criterio 8 no se representó en las respuestas debido a que el concepto de gémula era desconocido para ellos y además, después de que se abordó el modelo de herencia mezcladora en la intervención de la secuencia didáctica no se encontró que los estudiantes explicaran el fenómeno de la herencia genética a través del criterio 8. A pesar que los criterios 20, 22 y 23 hicieron parte de los contenidos de la secuencia didáctica en la intervención 7 del modelo post-mendeliano, no se encontraron en las respuestas debido a que en los instrumentos aplicados no se hicieron preguntas que permitieran que los estudiantes explicitaran sus modelos explicativos referentes a los criterios asociados a la dominancia incompleta y herencia ligada al sexo.

## **5.2 Argumentación**

Respecto a los niveles argumentativos de los 31 estudiantes se puede observar que 27 de ellos mejoraron sus niveles argumentativos (Tabla 12) según el tratamiento de los datos que se realizó con la rejilla y la fortaleza entre la relación de los elementos de la argumentación. El nivel argumentativo predominante en el momento inicial fue el nivel 2 con 23 estudiantes (74,1%) como se ve en el ejemplo de la tabla 10. En el momento final el nivel argumentativo 4 fue el de mayor representación con 17 estudiantes (54%) como se observa en la tabla 11. Es evidente que los argumentos construidos por los estudiantes en el momento inicial solo estaban elaborados con dos elementos de la argumentación, los elementos más comunes en los argumentos de estos

estudiantes fueron justificación-conclusión (Tabla 10 y 13). Los elementos más comunes en los argumentos finales fueron los que incluyeron dato-justificación-conclusión (Tabla 11 y 13).

Tabla 10

*Respuestas de E13 en el momento inicial. Para la ubicación de los niveles argumentativos se tuvo en cuenta las repuestas de tres preguntas del instrumento inicial y los insumos de la primera intervención de la secuencia didáctica (una actividad de la primera intervención de la secuencia didáctica y las intervenciones orales), como se describe en la metodología. Instrumento inicial (anexo 1), secuencia didáctica y audio preformista (anexo 2). Cr: Criterios, PE: Poder explicativo, Co: Congruencia, F: Fortaleza, B: Baja, A: Alta*

	DATO	Cr	PE	Co	F	NIVEL	NIVEL INICIAL
INSTRUMENTO							
Pregunta 4	Creo que el ratón cría sale con la cola normal, porque las células no tienen nada que ver con la cola de sus hijos	12	B	B	B	2	
Pregunta 5	No, porque la enfermedad la deben llevar desde que nacen	12 13	A	B	B	2	
Pregunta 7	La oveja saldrá de color negra, porque la oveja negra es la que está poniendo el núcleo. Dibujo	19	B	B	B	2	
Actividad 2 de la primera intervención de la secuencia	Creo que es un experimento mal, porque el huevo puede contener algo que pueda hacer crecer el espermatozoide	19	B	B	B	2	2

	MA (0:18) Pero es que yo pienso que el homúnculo no se podría engendrar sin el ovulo porque como se va crear uno, eso es como una minipersonita sin un ovulo.	18			
	MA (0:48) Por eso mismo es que ¿Cómo se puede engendrar una minipersonita sin un espermatozoide? No se podría lograr, pero tampoco se podría lograr sin un ovulo.	18			
Momento argumentativo grupal	MA (1:25) Por eso, no se podría lograr sin el ovulo y tampoco se podría lograr sin el espermatozoide. Tiene que haber las dos cosas necesariamente para poderlo crear.		A	B	B
	MA (1:54) Pues yo creo que si existe porque hay videos que lo comprueban y pues, para estar 100% seguros tocaría experimentarlo, pero pues hay demasiados videos en internet que pueden comprobar eso y hay imágenes, fotos, videos.				6
	MA (2:50) Y esas antiguas personas también creían, lo relacionaban con los golems que son criaturas inmensas pero para hacer eso tendrían que ser uno muy	17			



gigante un huevo de dinosaurio o algo

así porque no habría forma de hacer un

homúnculo tan grande.

MA (3:37) Pero es que él no es el único

que ha hecho eso, hay demasiado

youtuber y personas, imágenes que

pueden comprobar que si puede existir.

MA (3:48) Hay diferentes métodos eso

no es el mismo, exacto.

MA (3:54) Y quien va a hacer eso.

MA (4:00) Pero es que, como digo yo.

MA (4:08) Exacto, los óvulos. Porque la

creencia de nosotros es que sin el ovulo

no se puede formar eso, pero también yo

creo que el huevo, el huevo puede

contener alguna cosa que pueda hacer

que se fecunde bien el espermatozoide.

*Fuente: Elaboración de los autores*

### Tabla 11

*Respuestas de E13 en el momento final. Para la ubicación de los niveles argumentativos se tuvo en cuenta las repuestas del instrumento final y los insumos de la última intervención de la secuencia didáctica (una actividad de la séptima intervención de la secuencia didáctica y las intervenciones orales), como se describe en la metodología. Instrumento final (anexo 3), secuencia didáctica y audio*

posmendeliano (anexo 2). Cr: Criterios, PE: Poder explicativo, Co: Congruencia, F: Fortaleza, B: Baja,

A: Alta

	DATO	Cr	PE	Co	F	NIVEL	NIVEL FINAL
INSTRUMENTO							
Pregunta 1	La mayoría de sus hijos sería oscuro, ya						
	que tres de sus abuelos (progenitores)	16					
	sus ojos son oscuros pero hay una	12	A	B	B	6	
	pequeña probabilidad de que un hijo						
	salga con ojos claros, ya que el padre	13					
	lleva genes de ojos claros.						
Pregunta 2	Elegiría el 1 y el 2, ya que A es	14					
	dominante y A es = cabello oscuro y el 2	15	A	A	A	5	
	porque al ser los 2 recesivos (bb) saldría	13					
	sin lóbulo en la oreja.						4
Pregunta 3	Creo que al cortarle la cola a los padres	17,					
	no afectara en nada a los hijos ya que el	12,	A	B	B	2	
	fenotipo va es en el esperma y en el	13					
	ADN y no en la cola.						
Pregunta 4	Si es muy probable que los hijos de ellos	16					
	salgan con acondroplasia, ya que llevan	1	A	B	B	2	
	estos genes en su sangre y pueden ser						
	representados en sus hijos.						

Pregunta 5	<p>Sí, con estos datos es posible confirmar las sospechas. Haciendo el cuadro de Punnett nos podríamos dar cuenta de que es muy probable que su madre si sea la verdadera pues el padre es casi imposible que sea su verdadero padre. ¡¡Quizá sea hijo del lechero!!</p>	14 15	A	B	B	4
Pregunta 6	<p>Es muy probable que la oveja sea negra porque el negro siempre es dominante y además están aportando el núcleo de la célula que es casi lo más importante.</p>	14 19	A	B	B	4
Actividad 3 de la séptima intervención de la secuencia	<p>El bebé de sangre O es de la primera pareja porque los dos padres son O</p> <p>El bebé de sangre A el de la cuarta pareja porque el padre dominante y domina sobre O Qué es la madre, el padre es A.</p> <p>El bebé de sangre B el de la segunda pareja porque la Ac el padre y la O de la madre no son compatibles entonces queda B el padre.</p>	15 14 15 21	A	B	B	4

El bebé de sangre AB es la tercera  
 pareja porque los dos padres son A y el  
 padre también tiene B entonces queda  
 con las A de los dos y B del padre.

MA (0:01) Buenos días jóvenes ¿Cómo  
 han estado? Me presento mi nombre es  
 Michael Guerrero estamos aquí  
 presentando desde el Rufino Centro  
 junto con nuestros compañeros Kevin  
 Usamá, Laura Jaramillo, Juan Andrés  
 Sierra y Santiago Lievano. Hoy venimos

a hablarles sobre el niño que está en  
 pantalla sobre si es adoptado y quiénes y

Momento  
 argumentativo  
 grupal

quiénes podrían... y qué tipo de sangre  
 podría ser el de sus verdaderos padres.

12

A B B 6

13

Nosotros hacemos, conformamos la  
 mesa 5 y pues queremos hacer un muy

14

muy muy buen trabajo.

MA (1:17) Bueno, aquí podemos ver  
 que ese hijo es como un tapado de la  
 madre hacia su, hacia el que el cree  
 padre porque aquí podemos observar  
 que él no es su verdadero padre, osea,  
 eso la la mujer se lo metió con un tapado

---

y aquí el hijo se está dando cuenta de  
que pues su madre si es verdadera pero  
su papá pues paila, lo pusieron a perder.

MA (2:10) Ahí se ve el tapado que  
puede ser. O puede que simplemente las  
dos madres tengan la misma sangre y  
pues la mamá adoptiva tenga la misma  
sangre que su mamá verdadera.

MA (2:24) Si pero... La mamá que lo  
regaló, que lo vendió puede ser una  
coincidencia con la madre que lo tiene  
en estos momentos.

MA (2:37) Pero no debe la razón a mí.  
usted nunca me da la razón. Deme la  
razón.

MA (2:44) Por eso, osea, no puede ser  
de la mamá.

MA (2:50) Puede que sea un tapado  
hacia el papá, puede que sea hijo del  
lechero, De el de la tienda, de el de

---

abajo, de el de la esquina pero no es del



papa que él cree que es.

















MA (3:01) Exacto ¿Si me entienden o

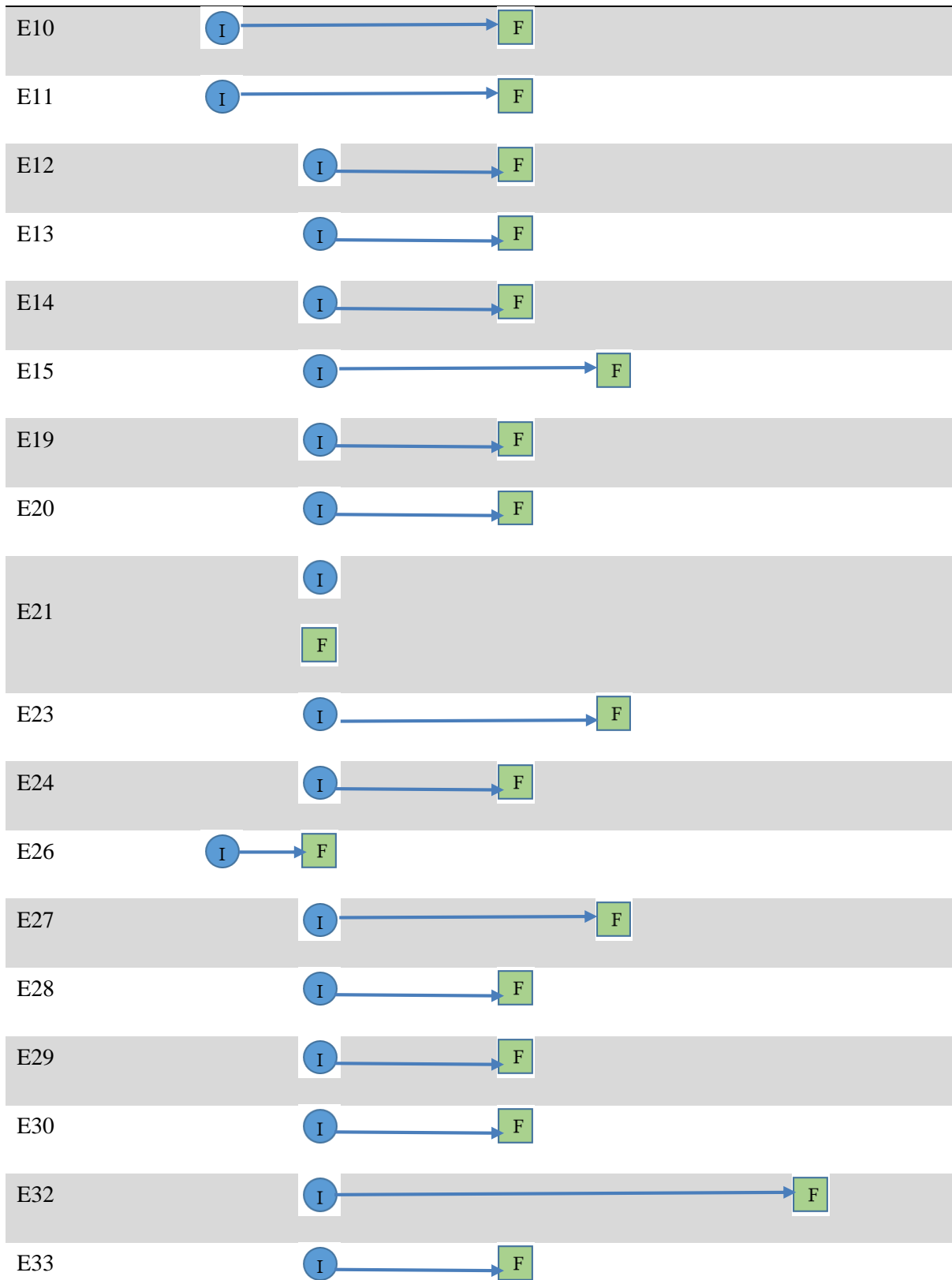
no me entienden?

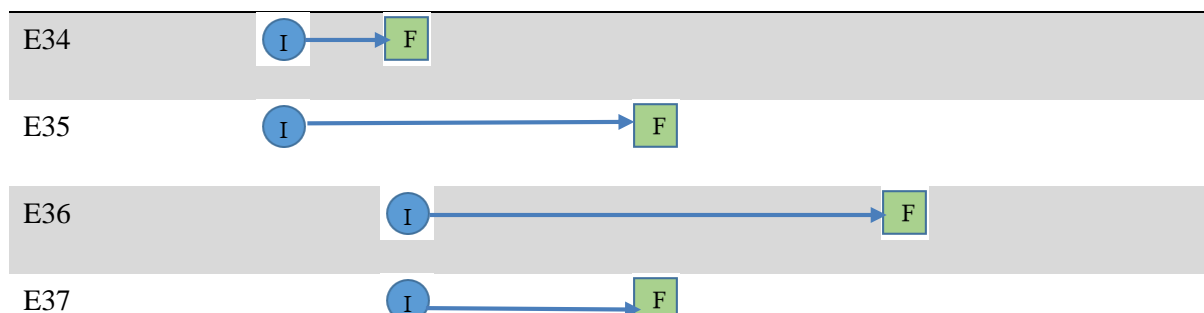
Fuente: Elaboración de los autores

Tabla 12

Niveles de argumentación iniciales y finales de 31 estudiantes. Nota:  Inicial y  Final.

ESTUDIANTE	1	2	3	4	5	6	7	8
E1								
E2								
E3								
E4								
E5								
E6								
E7								
E8								
E9								





Fuente: Elaboración de los autores.

En la tabla 12 se observa que los estudiantes mejoraron su estructura argumentativa porque incluyeron más elementos de la argumentación en sus respuestas del momento final. En el ejemplo presentado a continuación del E23 en la pregunta 2 y 4 del cuestionario inicial (Anexo 1) contestó usando solo dos elementos de la argumentación: justificación-conclusión con baja fortaleza entre los elementos, es decir, poca relación entre los elementos argumentativos:

E23 “Se combinaron los ADN y esa mezcla hizo que el niño naciera con ojos verdes.”

E23 “Los ratones salen iguales, pero con cola, ya que les cortaron la cola a los papas, no les quitaron las células que permiten el crecimiento de esta”

Mientras que en la pregunta 1 del cuestionario final (Anexo 3) el E23 respondió usando los tres elementos básicos de un buen argumento (Chamizo J. A., 2007; Cardona & Tamayo, 2009), dato-justificación-conclusión, con alta fortaleza entre la relación de los elementos de la argumentación:

E23 “El hijo de María y Juan tendría los ojos oscuros, pues éste color es el dominante en ésta ocasión, y si por algún motivo, ya que Juan tuvo padres con ojos claros u oscuros, si Juan lleva en su genética (esperma) los ojos claros de su padre, el hijo aun así naciera con ojos oscuros pues por lo dicho en el principio este es dominante, es muy probable que el hijo tenga los ojos oscuros.”



Además, en la respuesta a la pregunta 4 del instrumento final (Anexo 3) el E23 utiliza más elementos en su argumento: dato-justificación-conclusión-refutador.

E23 “*Pues yo creo que las crías de los ratones tendrían la cola larga (común), pues si ellos se llegan a cortar la cola no afectan la genética, porque esto no es algo que les pase mucho a la especie. Pero después de que ya a muchas generaciones se les haya hecho el mismo procedimiento y sean de la misma familia, estos desarrollarían probablemente un sistema en el que ejerzan un tipo de estrategia como: nacer sin la cola, desarrollar la habilidad de la lagartija, por ejemplo poder que este ya no sea un problema más grave”*

Lo anterior demuestra que el estudiante mejoró sus niveles argumentativos al utilizar más elementos de la argumentación y aumentar la fortaleza entre dichos elementos. Esta mejora se debió a la intervención didáctica, la cual fue diseñada para mejorar la argumentación en los estudiantes por medio de actividades argumentativas orales y escritas (Sardá & Sanmartí, 2000; Ruiz, Tamayo, & Marquez, 2015). Las actividades de exploración permitieron a los estudiantes argumentar de forma escrita individual, según Baker (2009), citado por Gilbert y Justi (2016), los momentos de argumentación intrapersonal le permiten al estudiante fortalecer sus puntos de vista para elaborar su discurso en el cual defiende su posición. En este proceso el estudiante podría evaluar sus argumentos individuales al identificar las debilidades y fortalezas, al proyectar los posibles contra argumentos y refutadores que sus pares podrían utilizar en oposición a su argumento (Gilbert & Justi, 2016). Además, el uso de refutadores en los argumentos es un indicador de que el E23 mejoró la elaboración de sus argumentos, según Erduran, Simon, & Osborne (2004) la presencia de refutadores es un indicador de la calidad de un argumento.

Tabla 13

*Elementos de la argumentación iniciales y finales de 31 estudiantes. Nota: Justificación (J), dato (D), conclusión (C), refutador (R) y respaldo teórico (RT).*

ESTUDIANTE	ELEMENTOS DE LA ARGUMENTACIÓN	
	Inicial	Final
E01	J-C	D-J-C
E02	J-C	J-C
E03	J-C	D-J-C
E04	D-J-C	J-C
E05	J-C	D-J-C
E06	J-C	D-J-C
E07	J-C	D-J-C
E08	J-C	D-J-C
E09	C	J-C
E10	C	D-J-C
E11	C	D-J-C
E12	J-C	D-J-C
E13	J-C	D-J-C
E14	J-C	D-J-C
E15	J-C	D-J-C
E19	J-C	D-J-C
E20	J-C	D-J-C
E21	D-C	D-C
E23	J-C	D-J-C
E24	J-C	D-J-C
E26	J	D-C
E27	J-C	D-J-C

<b>E28</b>	J-C	D-J-C
<b>E29</b>	J-C	D-J-C
<b>E30</b>	J-C	D-J-C
<b>E32</b>	D-C	D-J-C-RT
<b>E33</b>	J-C	D-J-C
<b>E34</b>	C	J-C
<b>E35</b>	C	D-J-C
<b>E36</b>	D-C-J	D-J-C-R
<b>E37</b>	J-C	D-J-C

*Fuente: Elaboración de los autores.*

Después de las actividades de reestructuración de la secuencia los estudiantes tuvieron un espacio argumentativo grupal en el cual discutieron sus posturas respecto a los problemas hereditarios planteados, esto les permitió exponer sus argumentos con el uso de datos o evidencias que soportaron sus conclusiones, sometieron a evaluación sus puntos de vista y discutieron con sus pares cuales modelos explicativos de herencia genética explicaban mejor los fenómenos planteados en las actividades de la secuencia en la que se generaron escenarios argumentativos grupales (Anexo 2). Según Dawson & Venville (2010) y Ruiz, Tamayo, & Marquez (2015) estos momentos de argumentación oral grupal son importantes porque les permite a los estudiantes confrontar sus argumentos con el de otros para generar la co-construcción de argumentos, la contradicción de ideas que pueden producir una relación dialógica en la construcción del conocimiento, al permitir utilizar elementos argumentativos más elaborados tales como refutadores o contraargumentos, como se observa en la discusión del momento final del E13 (Tabla 11). Estos momentos argumentativos generados en las discusiones grupales no deben ser analizados en cada estudiante por separado, sino como una unidad en la

cual participan varios estudiantes que construyen los argumentos de manera grupal, es decir, uno puede aportar los datos que fortalecen la justificación y otro construye la conclusión, cada uno de estos elementos puede ser aportado por estudiantes diferentes, incluso es común que un estudiante retome el argumento de otro para formar el propio. Esto es lo que los autores han llamado la co-construcción de argumentos (Dawson & Venville, 2010; Erduran, Simon, & Osborne, 2004; Jimenez Alexandre & Diaz de Bustamante, 2003; Ruiz, Tamayo, & Marquez, 2015, entre otros) como se puede ver en el siguiente ejemplo:

Situación problemática: Un joven piensa que es adoptado y desea confirmar si sus padres son sus padres biológicos. Él sabe que su papa es tipo de sangre AB+, la mamá es O+ y el joven es O+.

¿Cree usted que los datos son suficientes para confirmar las sospechas del joven?

Con la evidencia suministrada ¿Usted cree que alguno de los dos (o los dos) no son progenitores del joven? Argumente su respuesta (Grabación de audio).

E04 (0:27) “Yo no creo porque”

E14 (0:29) “¿Pero que no cree?”

E04 (0:31) “Los datos, que no hay suficientes datos”

E14 (0:34) “¿Datos de qué?”

E04 (0:36) “Ayyy, allá dice ¿Usted cree que hay suficientes datos para confirmar lo sospechoso?”

E07 (0:41) “¿Y que están sospechando?”

E04 (0:43) “Si el hijo es adoptado o no.”

E07 (0:46) “Bueno siga.”

E04 (0:47) “Pues yo creo que no pues porque la mamá es O+ y El joven es O+ Pero el papa es A B+ Entonces él no va a saber, puede que el papá no lo sea pero pues la mamá sí.”

E19 (1:04) “Pues yo digo que no son los suficientes datos simplemente porque el joven no sabemos de que, ah no sí sí, los padres porque no tenemos un tipo de sangre específico.”

E14 (1:25) “*Pues obviamente sí van ser de ellos.*”

E19 (1:30) “*¿Por qué? No obvio no, porque hace falta un dato.*”

E04 (1:31) “*No pues, el adoptado, obvio no.*”

E14 (1:34) “*¿Cuál? ¿Qué dato hace falta?*”

E19 (1:36) “*El del padre. Esta solo el de la mamá.*”

E04 (1:37) “*Verdad*”

E19 (1:42) “*Ah no no no no no El que hace falta es el de...*”

E14 (1:45) “*No señora. Vea, sí, sí es hijo de ellos.*”

E04 (1:49) “*¿Pero por qué?*”

E14 (1:50) “*Por los datos que arroja vea el papá es AB+ y la mamá es O+, obviamente tiene que salir un hijo con O+, por la combinación de los dos Grupos sanguíneos.*”

E04 (2:03) (Fragmento ininteligible) “*... nos ponemos a pensar que puede que el papá.*”

E14 (2:05) “*Por la combinación de los dos grupos sanguíneos.*”

E19 (2:08) “*Eso, sí sí sí, ya me puse a mirar y sí sale siendo po...*”

E04 (2:15) “*Vea la pregunta de abajo ¿Usted cree que alguno de los dos o los dos?*”

E19 (2:17) “*Siiii.*”

E04 (2:21) “*Pues la mamá.*”

Además, en el ejemplo anterior es claro como los estudiantes orientan la discusión por medio de preguntas intencionadas en el uso de algunos elementos de la argumentación. Cuando el

estudiante pregunta “E14 *¿Datos de qué?*” o el estudiante E07 “*¿Y que están sospechando?*” es claro que promueven en sus compañeros claridad en los datos y la conclusión respectivamente. Estas convenciones sociales en la que uno o varios estudiantes toman el rol de moderadores con preguntas orientadoras permiten que sus compañeros aporten en la co-construcción de los argumentos de las discusiones grupales (Dawson & Venville, 2010; Restrepo, 2017). En este orden de ideas, las discusiones grupales fortalecen habilidades sociales como escuchar al otro, evaluar los diferentes puntos de vista, hacer preguntas, asumir un rol en la discusión y comunicar las ideas propias (Tamayo, 2011; Jiménez Aleixandre, 2010).

Por otra parte, los momentos argumentativos de la secuencia didáctica donde se abordaron situaciones problemáticas de herencia genética se hicieron en subgrupos de 5 o 6 estudiantes, debido a que facilitó la participación de todos ellos, además, defendieron sus argumentos con mayor facilidad y permitió que los estudiantes que tienen dificultad para hablar en público expresaran sus ideas con más confianza (Erduran, Simon, & Osborne, 2004).

De los 31 estudiantes analizados 27 mejoraron sus niveles argumentativos (87%), tres no cambiaron sus niveles argumentativos iniciales (9,6%) y un estudiante presentó niveles argumentativos inferiores en el momento final (3,2%) (Tabla 12). Se debe resaltar que entre los momentos inicial y final se desarrollaron las actividades de la secuencia didáctica enfocada a mejorar los niveles argumentativos de los estudiantes (Anexo 2). Estos resultados concuerdan con otros trabajos en los cuales los estudiantes mejoraron sus argumentos al involucrarlos en discusiones orientadas a que defiendan sus ideas, que presenten datos y evidencias que justifiquen sus conclusiones, evaluar los refutadores, analizar de manera crítica los diferentes puntos de vista, convencer a los otros estudiantes participantes de la discusión. El presente trabajo concuerda con Erduran, Simon, & Osborne (2004) quienes observaron que el nivel

argumentativo inicial más común en sus estudiantes fue el 2 (en una rejilla de 1 a 5), e igualmente después de la intervención didáctica se vio una mejora al pasar principalmente del nivel 2 al 4. En otro estudio (Heng, Surif, & Seng, 2014) se obtuvieron datos de un solo momento y lo más común fue que los argumentos estuvieran entre débil y moderado. Igualmente, Tamayo (2011) reportó que el nivel inicial más común entre 2200 niños de básica primaria fue 2 en el momento inicial y 3 en el momento final en una rejilla argumentativa de cinco niveles. Estos resultados concuerdan con el momento inicial de esta investigación, en el cual los estudiantes tuvieron niveles argumentativos básicos y mejoraron dichos niveles después de la intervención didáctica (Tabla 10 y 11).

### 5.2.1 Análisis de los elementos de la argumentación

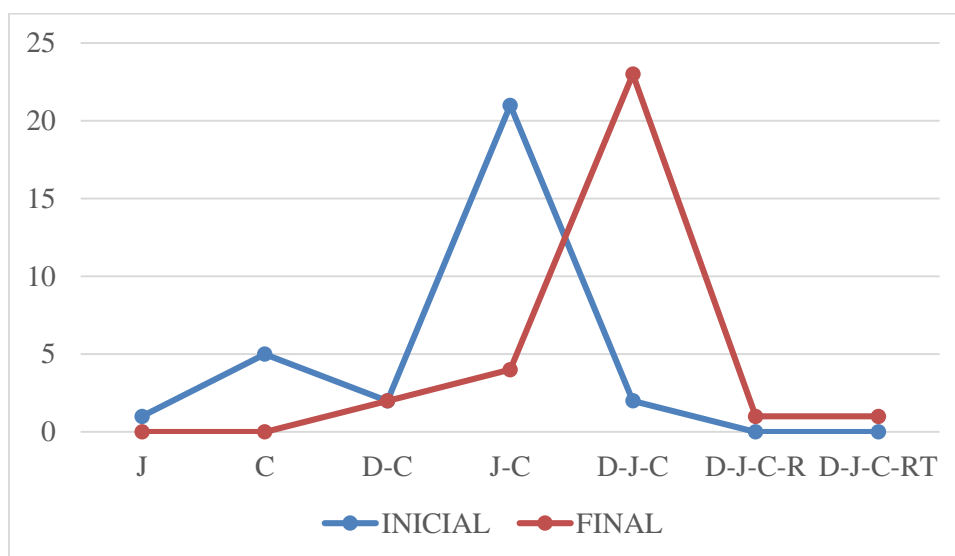
La tabla 13 muestra los elementos más comunes usados en los argumentos de los estudiantes en las dos fases del análisis descriptivo. Los estudiantes en el momento inicial construyeron argumentos usando principalmente justificaciones y conclusiones (Tabla 10), mientras que en el momento final usaron en sus argumentos dato, justificación y conclusión principalmente (Tabla 11). Igualmente, en la gráfica 3 se observa que en el momento inicial los estudiantes usaban menos elementos para construir sus argumentos y se evidencia que en el momento final hay una clara tendencia a elaborar argumentos con más elementos, incluso se ven estudiantes con cuatro elementos, el E32 que presentó D-J-C-RT y el E36 que empleó D-J-C-R (Tabla 13), como se puede ver en los siguientes ejemplos:

Pregunta 5 del instrumento final (Anexo 3):

E32 (D-J-C-RT) “*El joven no es adoptado, pues ya que AB+ es dominante de todos los otros tipos de sangre y por eso no salió con el mismo de sangre pero salió con el mismo tipo de sangre de la mamá que se expresó el O+, esto lo dice Morgan*”.

Pregunta 3 del instrumento final (Anexo 3):

E36 (D-J-C-R) “Pues yo digo que sin importar que si a los ratones le cortaran la cola y luego los cruzaran las crías saldrían con sus colas normales, porque si uno de los padres pierde alguna parte del cuerpo no quiere decir de que las crías nazcan faltándole esa parte, la única posibilidad creo yo de que alguna cría salga sin una parte puede ser de una mal formación genética.”



**Gráfico 3:** Elementos de argumentación inicial y final en 31 estudiantes de grado noveno. Fuente: Elaboración de los autores. J: Justificación, C: Conclusión, D: Dato, R: Refutador, RT: Respaldo teórico.

En el momento inicial se encontró que 6 estudiantes argumentaron solo con un elemento, mientras que en el momento final, después de la intervención didáctica, todos los estudiantes que participaron de este estudio utilizaron dos o más elementos en sus argumentos (Gráfica 3), siendo lo más común el uso de D-J-C (Tabla 11). De lo anterior se puede analizar que los estudiantes mejoraron su estructura argumentativa al emplear más elementos de la argumentación en sus participaciones. Según Tamayo (2011), los estudiantes aprenden con facilidad a reconocer los elementos de la argumentación después de que en las actividades



didácticas se les resaltó cuáles elementos se deben incluir en un buen argumento. Erduran, Simon, & Osborne (2004) y García (2016) también reportaron que los argumentos de un grupo de estudiantes mejoró después de la intervención didáctica y que comenzaron a usar con mayor frecuencia justificaciones y respaldos teóricos en sus discursos. Por el contrario, Cardona y Tamayo (2009) describen que los elementos más comunes en los argumentos de una estudiante fueron dato-conclusión, lo cual contrasta con los resultados del presente trabajo, donde lo más común fueron argumentos con J-C en el momento inicial (Tabla 10).

Los presentes resultados muestran que los estudiantes desde el momento inicial usaron justificaciones tratando de darle explicación a los fenómenos de herencia genética propuestos en la secuencia didáctica, aunque algunas veces lejos de los modelos explicativos escolares. Lo anterior concuerda con Tamayo (2011) quien dice que la justificación es muy importante en la elaboración de los argumentos porque es el que da las razones que permite conectar los datos y la conclusión. Igualmente, Pinzón (2014) resalta que los estudiantes utilizan con mayor frecuencia argumentos con justificaciones.

Por otro lado, al inicio de la investigación muy pocos estudiantes hicieron uso de evidencias o datos en sus respuestas, esto podría indicar que elaboraron sus argumentos posiblemente haciendo uso del sentido común debido a la falta de información sobre los modelos explicativos de herencia genética. En la tabla 11 y 13 se puede ver que en el momento final los estudiantes incluyeron datos en sus argumentos, debido a que contaban con más información que respaldó sus conclusiones ya que cambiaron sus modelos explicativos después de la aplicación de la secuencia sobre herencia genética (García, 2016).

### 5.2.2 La fortaleza entre los elementos de la argumentación.

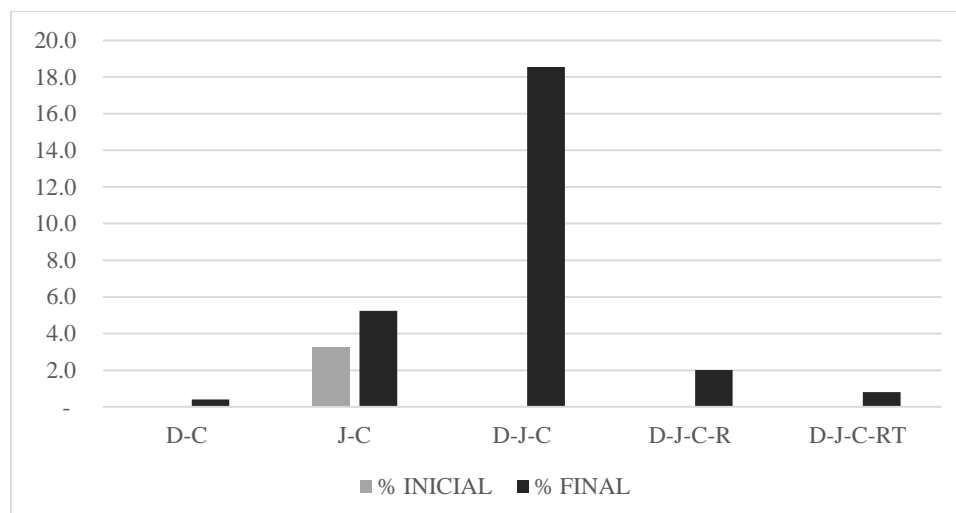
Para la ubicación de los niveles argumentativos de los estudiantes en el presente trabajo no solo se tuvo en cuenta la estructura de los argumentos, entendida esta como la presencia o ausencia de los elementos que conforman dicho argumento, sino también la fortaleza entre los elementos de la argumentación presentes en las respuestas de los estudiantes. Si un estudiante presentó fortaleza alta entre los elementos de la argumentación según el tratamiento descrito en la metodología (Tabla 3), éste fue ubicado en un nivel superior según la rejilla de argumentación (Tabla 2). La fortaleza fue determinada usando dos indicadores: los criterios de congruencia de Duval (1999) y el poder explicativo (Tabla 3).

Tabla 14

*Porcentaje de fortaleza alta entre los elementos de la argumentación inicial y final. En el momento inicial se analizaron 155 argumentos, en el momento final se analizaron 248 argumentos de 31 estudiantes. J: Justificación, C: Conclusión, D: Dato, R: Refutador, RT: Respaldo teórico.*

<b>Elementos de la argumentación</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>	<b>% inicial</b>	<b>% final</b>
D-C	0	1	-	0,4
J-C	5	13	3,2	5,2
D-J-C	0	46	-	18,5
D-J-C-R	0	5	-	2,0
D-J-C-RT	0	2	-	0,8
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>67</b>	<b>3,2</b>	<b>27,0</b>

*Fuente: Elaboración de los autores.*



**Gráfica 4:** Frecuencia de fortaleza alta entre los elementos de la argumentación inicial y final. En el momento inicial se analizaron 155 argumentos, en el momento final se analizaron 248 argumentos de 31 estudiantes. Fuente: Elaboración de los autores. J: Justificación, C: Conclusión, D: Dato, R: Refutador, RT: Respaldo teórico.

Las respuestas de los estudiantes en el momento final mostraron una mejora no solo en la estructura argumentativa, sino también en la fortaleza de la relación entre los elementos de la argumentación (Tabla 11, pregunta 2). En la tabla 14 y en la gráfica 4 se aprecia que en el momento inicial solo el 3,2% de las respuestas de los estudiantes presentaron fortaleza alta entre los elementos de la argumentación, mientras que en el momento final se presentó fortaleza alta en el 27% de las respuestas de los estudiantes. Además, en el momento inicial solo hubo fortaleza alta entre J-C, en comparación con el momento final en el cual la fortaleza alta está representada principalmente entre D-J-C (Tabla 11, pregunta 2), asimismo, se encontró que todos los argumentos con más de tres elementos presentaron fortaleza alta.

A continuación se presenta un ejemplo de fortaleza alta entre J-C en una respuesta del momento inicial en el E12:

Tabla 15

*Ejemplo de respuesta con fortaleza alta en E12 en el momento inicial, pregunta 5 instrumento de identificación de modelos explicativos iniciales (Anexo 1).*

Dato	Criterio	Poder explicativo	Congruencia	Fortaleza	Nivel
Si porque en los cuerpos de	11				
los hijos quedaran genes de	12	Alto	Alta	Alta	3
los padres y pueden pasar a	16				
sus hijos					

*Fuente: Elaboración de los autores.*

El argumento anterior fue construido usando dos elementos de la argumentación, lo cual empleando la rejilla de niveles de argumentación lo ubicaría en los niveles 2 o 3, dependiendo de la relación presente entre los elementos. Con el objetivo de ubicar con mayor precisión esta relación se aplicaron los indicadores para determinar la fortaleza entre dichos elementos. En este argumento se puede evidenciar que el estudiante emplea tres criterios pertenecientes a dos modelos explicativos, criterios 11 y 12 del modelo explicativo mendeliano general y el criterio 16 del modelo explicativo mendeliano específico, por lo cual se considera alto el indicador de poder explicativo. Respecto al indicador de congruencia (Duval, 1999), se puede evidenciar que la respuesta del estudiante presenta una correspondencia semántica cercana a los criterios propuestos para los modelos explicativos didácticos del docente, lo cual lo ubicaría con una congruencia alta. Se debe tener en cuenta que para considerar la fortaleza alta los dos indicadores de fortaleza deben ser altos (Tabla 3). En consecuencia, esta respuesta está ubicada en el nivel

argumentativo 3, la cual considera dos elementos de la argumentación con fortaleza alta entre dichos elementos de la argumentación.

En el siguiente ejemplo se muestra una respuesta con fortaleza alta del E14 en el momento final:

Tabla 16

*Ejemplo de respuesta con fortaleza alta en E14 en el momento final, pregunta 4 instrumento de identificación de modelos explicativos finales (Anexo 3).*

Dato	Criterio	Poder explicativo	Congruencia	Fortaleza	Nivel
Sí, ya que los alelos que obtuvieron por sus padres está en sus genes. No se expresaron pero lo tienen en sus genes y lo pueden heredar a sus hijos.	15				
	16	Alto	Alta	Alta	5
	13				

*Fuente: Elaboración de los autores.*

En este caso (Tabla 16) se aprecia que el estudiante construyó el argumento usando D-J-C donde se observa que está haciendo uso de más elementos argumentativos después de la intervención didáctica (Tabla 13 y Tabla 14). Además, usó tres criterios pertenecientes a dos modelos explicativos, el criterio 13 perteneciente al modelo explicativo mendeliano general y los criterios 15 y 16 del modelo mendeliano específico, por lo cual tuvo un poder explicativo alto. Después de la intervención didáctica los estudiantes ampliaron sus conceptos sobre herencia genética, lo cual les permitió elaborar argumentos con mayor contenido teórico y conceptual, hacer uso de un lenguaje científico con mayor riqueza y tener mayor número de recursos retóricos para elaborar argumentos con mayor fortaleza que les permitió añadir datos y

evidencias a sus respuestas, podrían tener en cuenta contraargumentos y refutadores en sus discursos argumentativos, los cuales se apreciarán más adelante en el análisis comprensivo. Esta relación fuerte entre los elementos de la argumentación asociada a la amplitud conceptual de los modelos explicativos fue descrita por Pinzon (2014), quien relacionó la facilidad para construir buenos argumentos con el rendimiento académico de los estudiantes, es decir, cuando un estudiante tenía mayor bagaje conceptual presentaba mejores argumentos.

Volviendo al ejemplo del E14 (Tabla 16), fue identificada una congruencia alta según Duval (1999), debido a que la respuesta del estudiante presentó una correspondencia semántica próxima a los criterios de los modelos explicativos mendeliano general y mendeliano específico. Por ejemplo, el criterio 15 perteneciente al modelo mendeliano general dice: *“Una característica está determinada por dos copias (alelos), cada una aportada por un progenitor”*, mientras que el estudiante contestó: *“...ya que los alelos que obtuvieron por sus padres está en sus genes...”*, se puede determinar que en la respuesta del estudiante están presentes componentes de este criterio al utilizar conceptos como alelos y que estos son aportados por sus progenitores o padres. Además, el criterio 13 dice: *“Las características son el resultado de la expresión de los genes”*, y en la respuesta el estudiante dijo: *“...No se expresaron pero lo tienen en sus genes...”*, donde es clara la congruencia con el criterio 13.

Igualmente, Sardá & Sanmartí (2000) relacionaron lo que ellos llaman patrón temático, que no es más que la apropiación de los modelos explicativos en el discurso científico y en la construcción de los argumentos con lenguaje científico, esto es, el conocimiento científico en el aula se elabora a partir de la expresión argumentativa, cuando el estudiante expresa en sus discursos sus ideas sobre los fenómenos biológicos (García, 2016). En el ejemplo anterior se ve que el estudiante utiliza conceptos propios del lenguaje científico de la herencia genética tales

como alelos, genes y expresión, lo cual permite identificar en su respuesta tres criterios de modelos explicativos que indican un poder explicativo y una congruencia alta. Al tener estos dos indicadores altos se puede determinar con mayor precisión que la fortaleza de la relación entre los elementos del argumento del E14 es alta (Tabla 16). En consecuencia, se ubicó este argumento en nivel 5 según la rejilla de argumentación al tener D-J-C con fortaleza alta.

## 6. Resultados y Discusión del Análisis Comprensivo

En el presente aparte se muestra el análisis comprensivo, el cual se realizó a profundidad a dos estudiantes, E33 y E36, durante toda la investigación en los nueve momentos que incluyen: cuestionario inicial, seis intervenciones de la secuencia didáctica, cuestionario final y grabación de audio en grupo focal. Primero, se muestra el análisis de los modelos explicativos y como cambiaron durante la investigación. Segundo, se muestra los niveles argumentativos encontrados en cada una de las fases de la investigación. En tercer lugar, se analiza la relación que tiene la argumentación en los cambios de los modelos explicativos de herencia genética.

### 6.1 Modelos

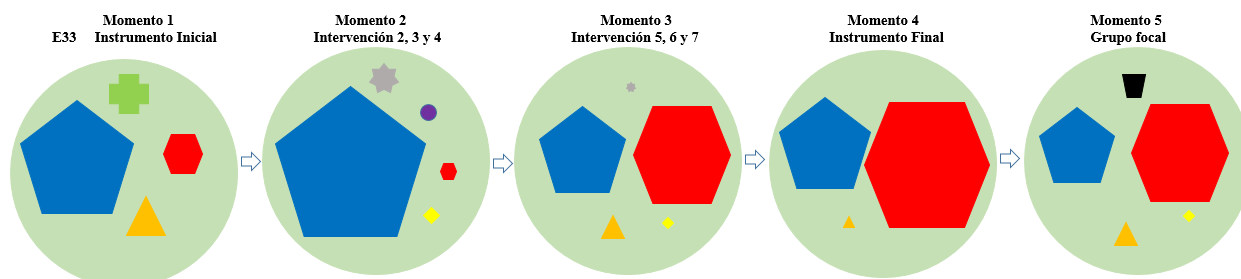
Para el análisis de modelos se agrupó la información en cinco momentos de análisis de modelos explicativos así: primer momento: instrumento inicial, segundo momento: intervenciones 2, 3 y 4, tercer momento: intervenciones 5, 6 y 7, cuarto momento: instrumento final y quinto momento: grupo focal. Esto con el fin de permitir la triangulación de la información.

Además, se codificaron los modelos explicativos con figuras geométricas y un código de colores para facilitar la visualización y los cambios que se pudieron presentar en estos. Los tamaños de las figuras geométricas para cada uno de los modelos fueron realizados respetando las proporciones de representación de los porcentajes de estos en cada momento (figura 2 y figura 3).

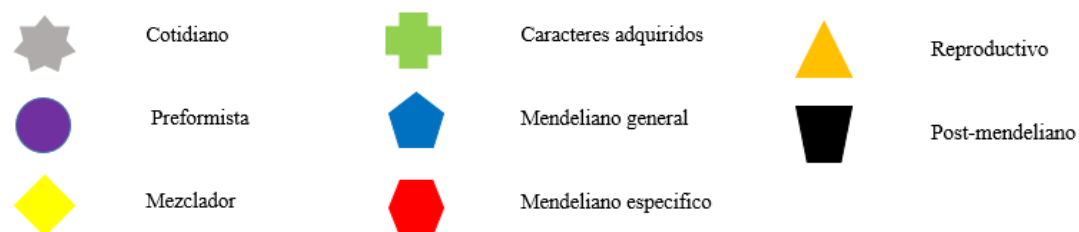


### 6.1.1 Modelos Explicativos de E33

En la figura 2 se puede observar los modelos explicativos de herencia genética en cinco momentos de la investigación en el E33.



**Figura 2:** Modelos explicativos de herencia genética presentes en cinco momentos de la investigación del E33. Nota: Figuras geométricas representadas para cada modelo explicativo de herencia genética, según lo propuesto en la tabla 1. Fuente: Elaboración de los autores.



El modelo mendeliano general estuvo representado en todos los momentos de la investigación con mayores porcentajes en los dos momentos iniciales (50% en el momento inicial y 66% en el momento 2), debido a que este modelo está presente en los modelos explicativos iniciales con que el estudiante llega al aula (Tamayo, 2011). Es de resaltar que los criterios que conforman este modelo hacen parte de lo que el estudiante puede percibir, como por ejemplo que los descendientes se parecen a sus progenitores, además, es común observar en los medios de comunicación que las estructuras que almacenan la información hereditaria están en los genes, ADN y cromosomas (Abreu, Castello, & Vianna, 2011).

En el momento dos el modelo mendeliano general tiene su mayor representación (figura 2), debido a que los modelos explicativos intervenidos en éste momento (modelo preformista, herencia caracteres adquiridos y herencia mezcladora) no explicaron los fenómenos de herencia biológica para el estudiante, es decir, el modelo mendeliano general siguió satisfaciendo las explicaciones que se daban en algunos problemas propuestos en la secuencia didáctica. En los episodios de discusión el estudiante tuvo la oportunidad de evaluar los modelos vistos en el momento dos y confrontar las explicaciones que cada modelo daba a los fenómenos de herencia socializados en clase, es evidente que el estudiante asumió que el modelo mendeliano general podía dar una mejor respuesta a los problemas de herencia (Cardona & Tamayo, 2009).

En el momento tres se interviene el modelo mendeliano (intervención 5, Anexo 2) (figura 2), en el que se aclaran los conceptos del modelo mendeliano general que traía el estudiante como modelo explicativo inicial, los cuales son: la información hereditaria se almacena en el ADN y los genes, la información pasa de padres a hijos y las características son el resultado de la expresión de esta información. Adicionalmente, se incluyen conceptos específicos del modelo como la relación dominancia – recesividad, alelos y la expresión de características en la segunda generación filial. En consecuencia, el estudiante construye un modelo de herencia genética más completo que le ofrece un abanico amplio de posibilidades para explicar los fenómenos hereditarios (Gilbert & Justi, 2016), esto se puede ver en el crecimiento del modelo mendeliano específico a partir del momento tres con un 42,8% de representación (Figura 2). A partir de este momento y hasta el momento final estos dos modelos son los de mayor representación en las respuestas del E33 (figura 2), siendo el de mayor porcentaje el modelo mendeliano específico, lo cual puede indicar que el estudiante utiliza terminología científica al referirse a la herencia mendeliana. Se puede suponer que al hacer uso del lenguaje científico el estudiante muestra el

cambio del modelo explicativo general al modelo mendeliano específico (Galagovsky & Adúris-Bravo, 2001). En las siguientes respuestas del E33 se puede evidenciar el uso del lenguaje científico a medida que el estudiante fue construyendo sus modelos en los diferentes momentos de la investigación:

**6.1.1.1 Momento 1.** *“Sale con cola ya que a los padres se les corto la cola después de que ya se habían formado con todos los genes.”*

**6.1.1.2 Momento 2.** *“Para mí las crías son normales, porque el perder la cola no afecta el cruce, las crías saldrían normales porque la pérdida de la cola no afecta los genes.”*

**6.1.1.3 Momento 3.** *“En el experimento que hicimos se pudo representar que se ven más reflejados los alelos dominantes ya que en casi todos fenotipos dieron con el genotipo dominante, ya que en la mezcla al azar salían más que todo los alelos dominantes.”*

**6.1.1.4 Momento 4.** *“Las que yo escogería serían los números 1 y 2, porque al ser “A” el dominante sobre el recesivo “a”, el cabello saldría oscuro. Al ser los dos recesivos se expresa en el fenotipo la característica sin lóbulo de la oreja.”*

**6.1.1.5 Momento 5.** *“Pues el color de los ojos del hijo de Juan y María serían oscuros, pues ya que tienen los genes que son dominantes de los abuelos, sólo uno de los abuelos tiene los ojos claros, y pues obviamente el dominante domina sobre el recesivo y esto haría que María y Juan tengan los ojos oscuros y ya como se ve esto entonces los hijos también saldrían con los ojos oscuros, porque no tienen los dos genes recesivos para que pueda salir con los ojos claros.”*

En el ejemplo anterior se observa como desde el momento tres el E33 comienza a hacer uso de terminología científica propia del modelo mendeliano específico, tales como “alelos dominantes” y “genotipos dominantes”. En el momento cuatro el estudiante se refiere a la “expresión” de los genes en el “fenotipo”. El uso del lenguaje científico tiene características

propias (Sardá & Sanmartí, 2000) y puede reflejar la apropiación del modelo por parte del estudiante, quien encuentra significado a la expresión de sus ideas en los episodios de discusión (Galagovsky & Adúris-Bravo, 2001).

Otro aspecto a tener en cuenta es que el modelo posmendeliano aparece en el E33 en el momento final con un 9,5% (Tabla 17). Este modelo fue abordado en el momento tres (intervención didáctica siete, Anexo 2) y no apareció hasta el momento final, lo cual puede sugerir que el estudiante no afianzo este modelo en el momento que se intervino. Este modelo explica los fenómenos hereditarios que no son incluidos en los modelos mendelianos, como son la herencia ligada al sexo, la codominancia, la dominancia incompleta y los alelos múltiples. Es posible que el estudiante en el momento tres, cuando se intervino el modelo posmendeliano, no haya tenido la oportunidad de confrontar su modelo explicativo, lo cual se dio solo hasta el momento final cuando discutió con sus compañeros en los momentos argumentativos, donde confronto y evaluó sus ideas con su pares y le permitió la transición en sus modelos (Chamizo, 2010). Se podría suponer que aun cuando se abordó el modelo posmendeliano en el momento tres, fue solo hasta el momento final que el E33 manifestó criterios de este modelo, sugiriendo que esta transición ocurrió mientras sucedía la discusión del grupo focal (Tabla 17).

En el siguiente ejemplo (Tabla 17) se muestra lo descrito anteriormente en un problema de herencia de tipos sanguíneos en diferentes momentos de la investigación. Se observa que en el instrumento inicial y la actividad de exploración de la intervención 7 el estudiante dice que responde por lógica y no justifica, por lo cual es difícil ubicar criterios en sus respuestas. Después de las actividades de reestructuración el estudiante explica este fenómeno a partir de los modelos mendelianos y es solo hasta la discusión del grupo focal que el estudiante incluye en sus respuestas criterios del modelo posmendeliano.

Tabla 17

*Ejemplo del tratamiento para la ubicación de los modelos explicativos de E33 en diferentes momentos de la investigación.*

	<b>Respuestas</b>	<b>Criterio</b>	<b>Modelo</b>
	O= Primera pareja		
Instrumento	A= Cuarta pareja		
inicial (Anexo	B= Tercera pareja		
1)	AB= Segunda pareja		
	Por lógica		
Intervención 7	O Primera		
Actividad de	A Cuarta		
exploración	B Segunda		
(Anexo 2)	AB Tercera		
	El bebé de la primera pareja es O ya que los dos	12	
	tipos de sangre los padres son O y no se podría	15	
	expresar otra manera.	13	
Intervención 7			
Actividad de	El bebé de la segunda pareja es B Porque existe		
evaluación	una probabilidad de que el AB, al ser mezclado		
(Anexo 2)	con O salgan A o B y en este caso saldría B.		
	El bebé de la tercera pareja es AB ya que al	7	Mendeliano
	combinarse estos dos tipos de sangre se tiene una		general

---

probabilidad demasiado elevada de que salga con 14

ese tipo de sangre de característica AB.

El bebé de la cuarta pareja es A ya que el A  
domina sobre O y esto conlleva a que sólo se  
exprese A por ser quién domina.

JA (1:43) Yo digo que el hijo no es parte de ellos  
dos porque el padre no tiene los... ¿Cómo es que  
se dice? Los mismo...

JA (2:00) El hijo no presenta los mismos genes del  
padre porque... Se ven reflejado nada más el A y  
el B.

Episodio

argumentativo

Intervención 7

(Anexo 2)

JA (2:20) No porque pille en esto se ve, no se  
ve reflejado el O.

JA (2:35) Pero yo creería...

JA (2:40) Pero de todas maneras el hijo no es de  
ellos.

JA (2:59) Porque no se ve reflejado la misma del  
padre.

11

15

Mendeliano

especifico con  
elementos de  
mendeliano

general

	El padre no es progenitor ya que al hacerse el	12	
Instrumento	cuadro de Punnet se evidencia que el tipo de	14	Mendeliano
final (Anexo 3)	sangre del padre no coincide con el de la madre.	15	específico
	Cuadro de Punnett atrás.		
	JA (10:53) Si, porque el papá aporta el AB ¿No? y		
	sí está diciendo que el joven es O y no es posible	15	
	porque si la mamá al ser O positivo se expresaría,		
	ya sería, el joven saldría con AB o con A o con B,	13	
	porque pues, esto ¿Qué se podría decir ahí?	21	Modelo
Grupo focal			Postmendeliano
	JA (12:17) Entonces se podría expresar A o B o el		
	AB.	21	
	JA (12:48) Puede salir A o B o AB.		

*Fuente: Elaboración de los autores*

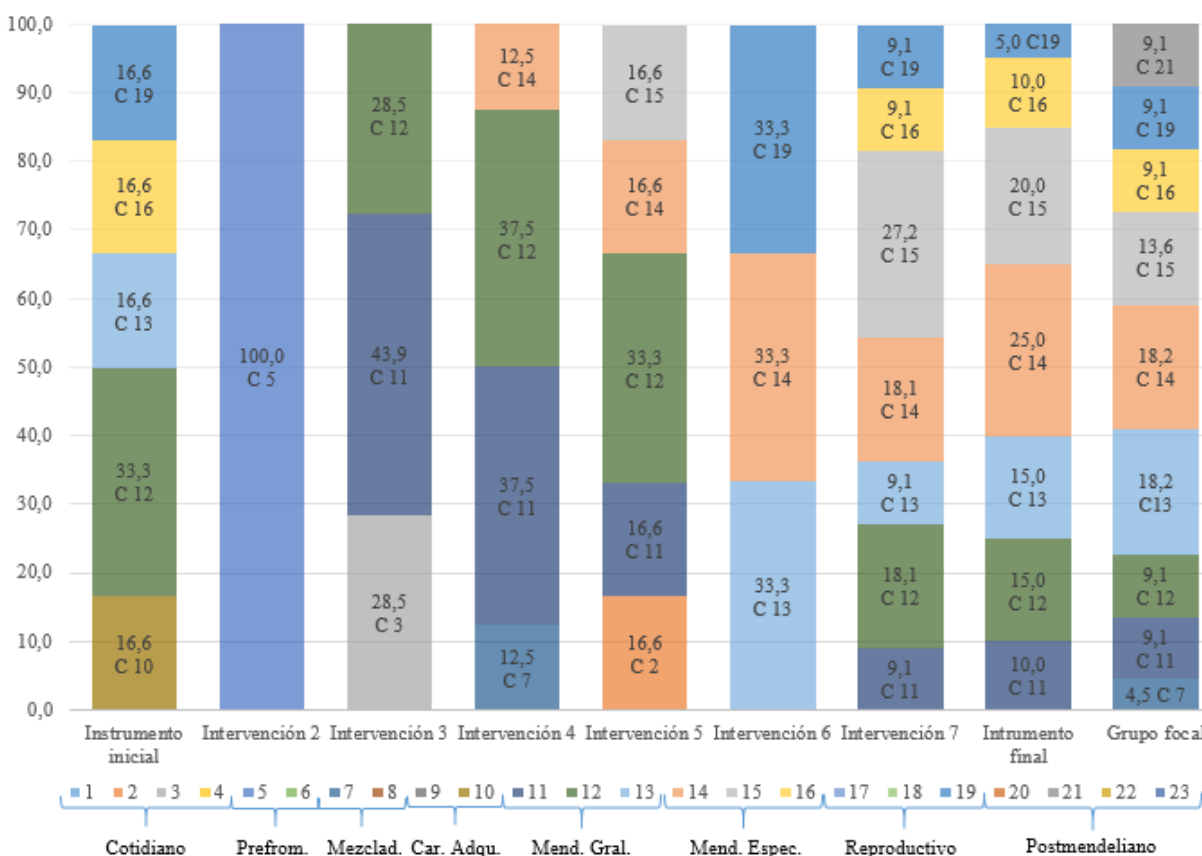
Es posible que la presencia de algunos modelos explicativos en los momentos finales de la investigación se debió a que el estudiante hizo uso de esos modelos para resolver determinados problemas y de otros en diferentes contextos (Chamizo, 2010; Adúriz-Bravo & Ariza, 2012). Además, Galagovsky & Adúris-Bravo (2001) sostienen que se puede utilizar una familia de modelos para resolver determinado problema o desenvolverse en diferentes situaciones.

Respecto al modelo explicativo reproductivo, éste aparece en todos los momentos de la investigación, excepto en el momento dos. Es posible que este modelo esté presente en el instrumento de identificación de modelos explicativos iniciales del momento 1 debido a que en los contenidos del año anterior estuvo presente el concepto de reproducción. Según Caballero (2008), muchos de los modelos explicativos iniciales con que llegan los estudiantes al aula son difíciles de erradicar, además, algunos de los fenómenos hereditarios pueden ser explicados a través de los procesos reproductivos, como la distribución de la información genética en la meiosis o la duplicación del ADN, por consiguiente el estudiante hace uso de la terminología propia del modelo reproductivo para explicar algunos de estos fenómenos. De esta manera, el estudiante no presentó el modelo cotidiano en el instrumento de modelos explicativos iniciales del momento 1, pero sí apareció en el momento 2, aunque con poca representación (13%) (Figura 2). Lo anterior no concuerda con lo encontrado con González (2014), quien reportó que el modelo con mayor predominancia fue el modelo cotidiano.

### **6.1.2 Criterios de modelos explicativos E33**

En el gráfico 5 se muestra los criterios encontrados en el E33 en cada uno de los nueve momentos analizados en la investigación, según el tratamiento descrito en la metodología los criterios fueron empleados para ubicar con mayor precisión los modelos explicativos de herencia genética.





**Gráfica 5:** Frecuencia de criterios en nueve momentos de la investigación del E33. Se muestra el porcentaje de representación de cada criterio de los modelos explicativos en cada uno de los nueve momentos analizados. Al interior de cada barra se encuentra el porcentaje de cada criterio. Se asignó un número y un color para cada criterio asociado a sus respectivos modelos explicativos del eje X. C: Criterio. Instrumento inicial: Anexo 1, Intervenciones 2 – 7: Anexo 2, Instrumento final: Anexo 3. Fuente: Elaboración de los autores.

Según la gráfica 5 el E33 presenta en el instrumento inicial modelos explicativos del modelo de herencia de caracteres adquiridos al usar respuestas con criterio 10: “Porque las células diferentes cumplen funciones más importantes que las sexuales y hace una mayor concentración de cromosomas en las otras células.” El criterio 10 dice: un órgano se puede desarrollar con el uso y se puede atrofiar o desaparecer si no se usa (Tabla 1). En los momentos de la investigación

no se volvió a reportar respuestas que sugirieran el uso de criterios de este modelo. También se puede ver que el momento 2 el estudiante responde solo con el criterio 5 perteneciente al modelo preformista, debido a que en éste momento se intervino este modelo y el estudiante pensó en la posibilidad de la existencia del homúnculo como se aprecia en la siguiente respuesta de la intervención 2 cuando se le indaga sobre la veracidad de un video de la creación de un homúnculo: *“Puede que sea verdad o también mentira, todavía no estoy seguro de la existencia del homúnculo.”*

En la gráfica 5 se observa que el criterio 12 perteneciente al modelo mendeliano general aparece en siete de los nueve momentos de la investigación, lo cual sugiere que el estudiante tenía en sus modelos explicativos iniciales criterios para explicar que las características se pasan de los progenitores a la descendencia como se aprecia en la respuesta de la pregunta 4 del instrumento inicial (Anexo 1): *“Sale con cola, ya que a los padres se les cortó la cola después de que ya se habían formado con todos los genes”*. En los momentos iniciales de la investigación el estudiante utilizaba con mayor porcentaje criterios del modelo mendeliano general (criterios 11, 12 y 13).

Después de las intervenciones de la secuencia didáctica a partir de la intervención cuatro aparecen criterios del modelo mendeliano específico (criterios 14, 15 y 16), los cuales aumentan su presencia en los últimos momentos de la investigación, mientras que los criterios del modelo mendeliano general disminuyen como se observa en la siguiente respuesta de la intervención 5 (Anexo 2): *“En el experimento que hicimos se pudo representar que se ven más reflejados los alelos dominantes, ya que casi todos los fenotipos dieron con el genotipo dominante, ya que en la mezcla al azar salían más que todo los alelos dominantes”*. Además, en la intervención siete se encontró que los criterios 11, 12 y 13 del modelo mendeliano general suman 36,3% y los

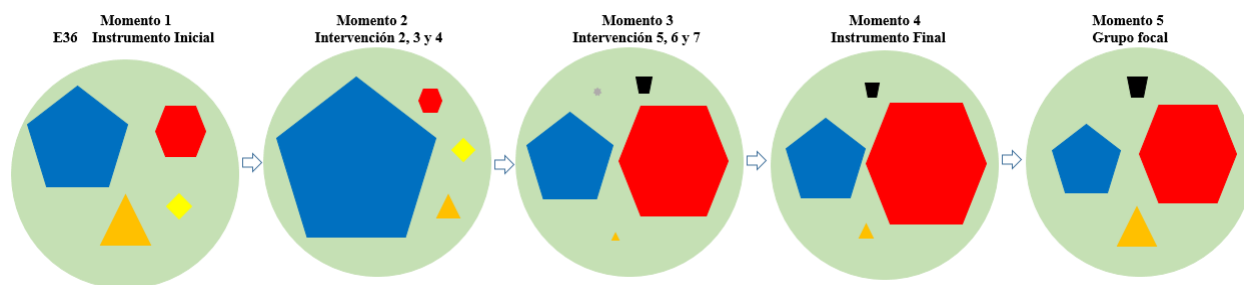
criterios 14, 15 y 16 pertenecientes al modelo mendeliano específico suman 54,4% (gráfica 5) como se puede ver en la siguiente respuesta de la primera actividad de la intervención 7 (Anexo 2) donde se analiza una situación problema de mendeliana incompleta de las plantas boca de dragon: *“Como las dos plantas son dominantes aportan un 50% cada una teniendo la posibilidad de que salga blanca o roja y salga blanca o roja y salga este color rosado...”*.

Estos resultados sugieren que el E33 inicio la investigación con algunos modelos explicativos iniciales sobre herencia genética que se pueden enmarcar en el modelo mendeliano general y que durante la intervención fue añadiendo elementos teóricos, los cuales fue insertando en su familia de modelos explicativos para explicar los fenómenos de la herencia. Los resultados de esta investigación se diferencian a los resultados reportados por González (2014), quien reporto que el modelo con mayor representacion fue el cotidiano.

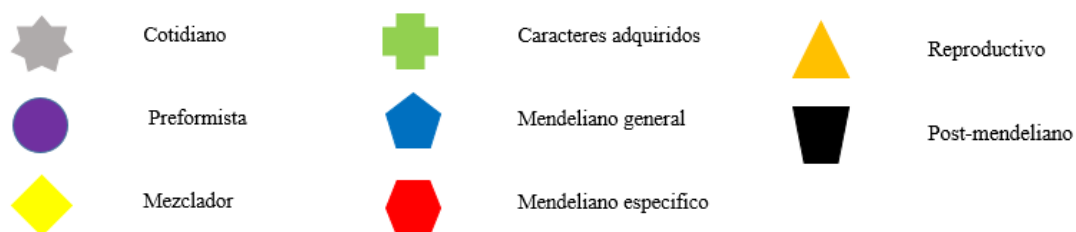
Es importante resaltar que el estudiante utiliza mayor número de criterios en los momentos finales que representan cinco modelos (figura 2), lo cual le permite hacer uso de mayor diversidad de elementos conceptuales para resolver los problemas planteados en las intervenciones, episodios de discusión y en los instrumentos (Pinzon, 2014).

Se debe tener en cuenta que este método de ubicación de modelos explicativos por medio de la asignación de criterios facilitó la identificación de los modelos con mayor precisión durante toda la investigación.

### 6.1.3 Modelos Explicativos E36



**Figura 3:** Modelos explicativos de herencia genética presentes en cinco momentos de la investigación del E36. Nota: Figuras geométricas representadas para cada modelo explicativo de herencia genética, según lo propuesto en la tabla 1. Fuente: Elaboración de los autores.



El E36 presentó criterios de cuatro modelos en los dos primeros momentos de este análisis, el de mayor representación fue el modelo mendeliano general con el 44% y 70% respectivamente. Los otros modelos encontrados en el momento inicial fueron: herencia mezcladora (11,1%), el mendeliano específico (22,2%) y el reproductivo (22,2%) (Tabla 18).

Tabla 18

*Ejemplo de modelos explicativos de E36 en el momento inicial. Instrumento inicial (Anexo 1).*

	Dato	Criterio	Modelo
Pregunta 2	No se pudo haber sido por parte de los abuelos	16	
Pregunta 3	Pues porque tiene que dejarle los genes de cada	11	
	uno al embrión	12	

		18	
Pregunta 4	Pues las crías salen con su cola por que los genes del ratón son así no tiene nada que ver, si perdieran una de sus patas sería igual.	13	Mendeliano general con
Pregunta 5	Sí, porque puede que ellos no tuvieron los síntomas pero puede que tengan parte de esta célula y se le dejen a sus hijos.	16	Elementos de reproductivo
Pregunta 7	Puede salir negra con blanca o gris por que la blanca aporta el ovulo y la negra el núcleo que puede ser el espermatozoide y la marrón solo aporta el útero para que el embrión se desarrolle.	7	
		17	

*Fuente: Elaboración de los autores.*

En el ejemplo anterior se puede apreciar que el estudiante manifiesta conceptos y estructuras relacionadas con el modelo reproductivo, tales como ovulo, núcleo, útero y embrión.

En el momento 2 se encontró la misma familia de modelos con los siguientes porcentajes: herencia mezcladora (10%), el mendeliano específico (10%) y el reproductivo (10%) (Figura 3). El estudiante presentó criterios de esta familia de modelos en sus modelos explicativos iniciales posiblemente a que en el año académico anterior se abordaron los contenidos de reproducción, profundizando en temas como división celular y las estructuras que participan en estas como: cromosomas, núcleo y las formas del ADN. El siguiente ejemplo del momento dos muestra una respuesta ubicada en el modelo explicativo mendeliano general en una pregunta de la actividad 1 de la intervención 3 (Anexo 2) respecto a la herencia de caracteres adquiridos:

E36 “No, porque en los genes nace su cuerpo completo, en que su mamá se haya roto las orejas no altera los genes...”

En este ejemplo se observa que el estudiante presenta la intención de expresar conceptos propios del modelo mendeliano general, como que la información hereditaria se almacena en los genes y no se pueden alterar en el transcurso de la vida en condiciones naturales. Cardona & Tamayo (2009) registraron que el modelo mas comun en la estudiante que analizaron fue el modelo particulado, el cual es cercano al modelo mendeliano especifico, presente en un 50% de las respuestas.

El modelo de herencia mezcladora está presente en las respuestas del E36 en el instrumento de modelos explicativos iniciales y el momento 2 correspondiente a las tres primeras intervenciones de la secuencia didáctica. Aunque el porcentaje de este modelo en los dos primeros momentos no es alto (11,1% y 10% respectivamente), en los siguientes ejemplos el estudiante manifestó los criterios del modelo de herencia mezcladora: Situación problema de la actividad 1 de la intervención 4 que hace parte del momento 2 (Anexo 2).

E36 *“Un ejemplo puede ser que la mamá sea muy alta y el papá muy bajito y el hijo salga con una estatura media.”*

E36 *“Se pasan como la mitad de genes de la mujer por el óvulo y la mitad de genes del papá por el esperma y luego salen los genes mezclados en él bebe...”*

Según González (2014), es comun que los estudiantes presenten modelos explicativos iniciales relacionados con la mezcla de la sangre en los procesos hereditarios o que piensen que los caracteres de colores de ojos o pelo se mezclen. Aunque en el presente analisis de resultados del E36 esta poco representado el modelo de herencia mezcladora se evidenció que el estudiante expresa algunos criterios de este modelo al hablar de mezcla de genes o de características, como se observa en el ejemplo anterior. Además, Cardona & Tamayo (2009) y también registraron unas respuestas del modelo fusion de caracteres, lo cual demuestra que es común que los

estudiantes manifiesten modelos explicativos iniciales relacionados con la fusión o mezcla de caracteres.

Por otro lado, en la figura 3 se muestra que hubo un cambio en la familia de modelos. Después del momento 3 el E36 presentó un crecimiento del modelo mendeliano específico y, consecuentemente, la disminución del modelo mendeliano general. Asimismo, aparece el modelo posmendeliano, aunque muy poco representado. También se evidenció que el modelo reproductivo no desaparece en ningún momento de la investigación. En el momento final, la familia de modelos está representada por el modelo mendeliano específico (43,4%), mendeliano general (30%), reproductivo (17,3%) y el posmendeliano (8,6%) (Figura 3).

En los resultados de la figura 3 se muestra que entre los momentos 2 y 3 se presentó un cambio, en el cual desaparecen los criterios del modelo de herencia mezcladora, aparecen criterios del modelo posmendeliano y aumentan los del modelo mendeliano específico. Este cambio se presentó después de las intervenciones de la secuencia didáctica correspondientes al modelo mendeliano, reproductivo y posmendeliano. Se puede considerar que las actividades de la secuencia didáctica produjeron el cambio en los modelos explicativos (Benitez, 2013; Ageitos, Puig, & Calvo-Peña, 2017), al comenzar a usar conceptos propios de estos modelos más cercanos al modelo didáctico del docente tales como alelos dominantes y recesivos, probabilidad, expresión de genes, como se puede ver en el siguiente ejemplo de respuesta de la pregunta 1 del instrumento final (Anexo 3):

E36 *“Pues yo creo en este árbol genealógico no pueden tener hijos con ojos color claro porque en las imágenes los abuelos tienen alelos dominantes, entonces los hijos también saldrían con ojos color oscuros, pero pensando bien puede que los abuelos sean Aa-Aa causando que cuando se escojan al azar tengan la posibilidad de que se junten los alelos*

*recesivos (aa) saliendo los hijos con ojos de color claro aunque esta sería una posibilidad de oscuro 75% claro 25%.”*

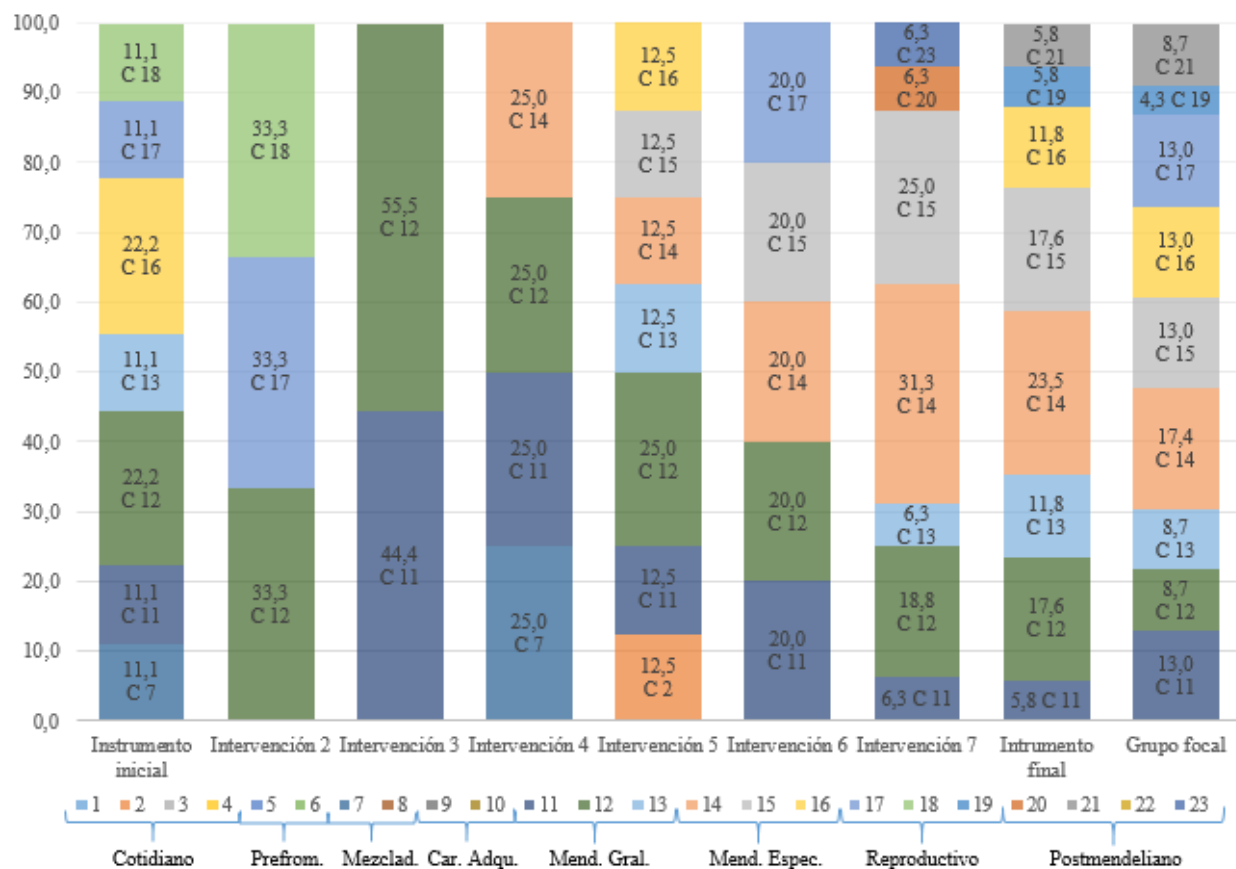
Respecto al modelo posmendeliano, se puede evidenciar en la siguiente respuesta de la pregunta 6 del instrumento final (Anexo 3) el estudiante que comienza a manejar conceptos de codominancia propia de este modelo.

*E36 “Pues yo creo que el color de la oveja que se desarrolla va a ser de color oscuro, porque la oveja negra es la que aporta el núcleo y la marrón solo aporta como el vientre para que crezca la oveja, o también pero poco probable es que se pueda presentar la codominancia pero esto es como muy poco probable y esto es lo que yo opino.”*

Es importante resaltar que el estudiante apropió los modelos mendelianos y posmendelianos al resolver problemas relacionados con la herencia genética, al aumentar el uso de conceptos propios de contextos académicos, los cuales se evidencian en las expresiones de sus ideas con lenguaje científico específico de estos modelos. Se sugiere que este cambio en los modelos explicativos del estudiante hacia los modelos didácticos del docente fue producto de las actividades de argumentación de la secuencia didáctica, con el fin de producir el aprendizaje (Galagovsky & Adúris-Bravo, 2001; Sardá & Sanmartí, 2000).



### 6.1.4 Criterios de modelos explicativos E36



**Gráfico 6:** Frecuencia de criterios en nueve momentos de la investigación del E36. Se muestra el porcentaje de representación de cada criterio de los modelos explicativos en cada uno de los nueve momentos analizados. Al interior de cada barra se encuentra el porcentaje de cada criterio. Se asignó un número y un color para cada criterio asociado a sus respectivos modelos explicativos del eje X. C: Criterio. Instrumento inicial: Anexo 1, Intervenciones 2 – 7: Anexo 2, Instrumento final: Anexo 3. Fuente: Elaboración de los autores.

En la figura 3 y en la gráfica 6 se realizó un análisis detallado de la presencia de los criterios del E36 en cada uno de los nueve momentos de la investigación. Se evidencia que en el instrumento inicial el estudiante presentó un mayor porcentaje de los criterios del modelo

mendeliano general (criterios 11, 12 y 13) sumando un total del 44,4 %, con algunos criterios pertenecientes a los modelos mendeliano específico y reproductivo.

El E36 hace uso de los criterios mendeliano general como se ve en el siguiente ejemplo de la pregunta 4 del instrumento inicial (Anexo 1):

E36 *“Pues las crías salen con su cola por que los genes del ratón son así no tiene nada que ver, si perdieran una de sus patas sería igual.”*

Como ya se discutió en el apartado de los modelos explicativos de E36, se evidencian los criterios con los cuales el estudiante expone sus modelos explicativos iniciales (Tabla 18) (Ayuso & Banet, 2002). Estos conceptos son utilizados comúnmente en los medios de comunicación cuando se refieren a términos como mutación, ingeniería genética, prueba de maternidad, clonación, entre otros (Abreu, Castello, & Vianna, 2011; Ageitos & Puig, 2016). Además, como ya se dijo, el estudiante abordó estos conceptos en los contenidos académicos del año anterior, adicionalmente, el E36 puede evidenciar por observación propia que las características se pasan de padres a hijos.

Por otro lado, se presentan en los modelos explicativos iniciales criterios del modelo reproductivo (criterios 17 y 18) (Tabla 18). El criterio 17 hace referencia a que los gametos contienen la información hereditaria. Este criterio estuvo presente en diferentes momentos de la investigación, incluso en el momento final correspondiente al audio del grupo focal, con una representación del 13%. Según Ayuso & Banet (2002) algunos modelos explicativos iniciales permanecen en el estudiante, posiblemente debido a que todavía satisfacen la resolución de algunos problemas de herencia genética. La aparición intermitente de este criterio (gráfica 6) sugiere que el estudiante los utiliza para resolver algunos problemas según el contexto, de

acuerdo con Cardona & Tamayo (2009) y Chamizo (2010) el estudiante puede hacer uso de familias modelos diferentes para resolver problemas en diversos contextos.

En el siguiente ejemplo de la actividad 1 de la intervención 7 (Anexo 2) se observa el uso de los criterios 20 y 22 del modelo posmendeliano. El criterio 20 hace referencia a que una característica puede estar determinada por más de dos alelos, y el criterio 22 que hace referencia a la dominancia incompleta, la cual plantea que una característica puede ser el resultado intermedio de la expresión de dos genes.

*E36 “Pues yo opino que como ambas son dominantes hay una gran posibilidad de que salgan por igual, es decir, 50% y 50%, por lo mismo que dije que ambas son dominantes entonces pueden salir 50% blancas y 50% rosadas y también pueden seguir saliendo rojas pero más rosadas, esto le diría yo a la viejecita o a la abuelita Pepita Pérez.”*

Los criterios correspondientes al modelo posmendeliano aparecen en las respuestas del E36 después de la intervención 7 de la secuencia didáctica, en la cual se trataron los conceptos de herencia posmendeliana como dominancia incompleta, codominancia, alelos múltiples y herencia ligada al sexo. En el ejemplo siguiente se muestran las respuestas del estudiante en la actividad 1 de la intervención 7 (Anexo 2) donde se pueden ver los criterios correspondientes al modelo posmendeliano:

*E36 “Yo digo que es porque la madre heredó la enfermedad a dos de sus hijos pero solo el niño es hemofílico porque es menos probable que las mujeres sufran esta enfermedad más bien ellas son las portadoras.”*

En el ejemplo anterior se evidencia el criterio 23, el cual hace referencia a la herencia ligada al sexo al referirse que las mujeres son las portadoras de la enfermedad y no la padecen.

En la siguiente respuesta de la pregunta 6 del instrumento final (Anexo 3) se puede observar el uso del criterio 21, el cual hace referencia a la codominancia, en donde dos alelos se pueden expresar a la vez de manera independiente en un mismo gen.

E36 *“Pues yo creo que el color de la oveja que se desarrolla va a ser de color oscuro, porque la oveja negra es la que aporta el núcleo y la marrón solo aporta como el vientre para que crezca la oveja, o también pero poco probable es que se pueda presentar la codominancia pero esto es como muy poco probable y esto es lo que yo opino.”*

Respecto a lo anterior, se encontró poco en el rastreo de literatura en trabajos en didáctica de herencia genética donde incluyan el modelo posmendeliano. González (2014) interviene los modelos cotidiano, preformista, herencia mezcladora, caracteres adquiridos y mendeliano. Cardona & Tamayo (2009) abordan los modelos explicativos preformista, herencia particulada, fusión y mendeliana. Villa & Torres (2011) propusieron los modelos explicativos epigenesis, pangensis, preformista, herencia de caracteres adquiridos y mendeliana. Igualmente, se revisaron los trabajos de Iñiguez (2005), Caballero (2008), Iñiguez & Puigcerver (2013), Restrepo (2017), entre otros, y ninguno de los anteriores incluyó los modelos posmendelianos en sus trabajos. Sin embargo, Ayuso (2000) aborda los conceptos posmendelianos en el desarrollo de su propuesta para la enseñanza de la genética, en donde manifiesta la dificultad para enseñar dichos conceptos. Los resultados del presente trabajo sugieren que el E36 movió sus modelos iniciales hacia modelos más cercanos a los conceptos científicos, alcanzando incluso a comprender los modelos posmendelianos, al incluir dichos conceptos en la familia de modelos explicativos en los momentos finales para resolver los problemas de herencia planteados en la investigación (Figura 3 y gráfica 6).

Los criterios mas representados en los momentos finales fueron los pertenecientes a los modelos mendeliano general y mendeliano específico, al igual que los registrado en el E33. El criterio 14 del modelo mendeliano específico aparece desde la intervencion 4, aun cuando no se habia intervenido. El E36 se acercó al concepto de dominancia – recesividad como se ve en los siguientes ejemplos de respuestas de la actividad 3 de la intervención 4 (Anexo 2):

E36 *“El de los padres de Susana pudieron haber sido negros porque es más fácil que predomine, el negro es el más oscuro según la teoría...”*

E36 *“La teoría mezcladora reduce y homogeniza el color de cabello porque esta teoría hace que los colores de pelo se mezclen predominando más que todo el cabello oscuro y todos tendríamos el mismo.”*

El estudiante utiliza el termino “predominante” para referirse a la característica color oscuro como la que mas se manifiesta. Es posible que el estudiante haya observado que algunos rasgos son mas comunes y por lo tanto “predominen” en la poblacion, con lo cual se esta acercando al modelo explicativo mendeliano.

El siguiente ejemplo de respuesta en una discusion de la actividad 5 de la intervención 6 (Anexo 2) se puede apreciar el uso con mayor propiedad del criterio 14:

E36 (00:59) *“El espermatozoide puede, como se le dice, le puede aportar la otra parte, porque puede llevar el resto de genes de los hijos y el color de la oveja que se desarrolla después probablemente va a ser negro porque es el color dominante a menos que la oveja tenga como por si tenga un alelo dominante y uno recesivo y el espermatozoide tenga los dos recesivos que podría ser como un 50/50, 75/50. Entonces esto es lo que yo opino.”*

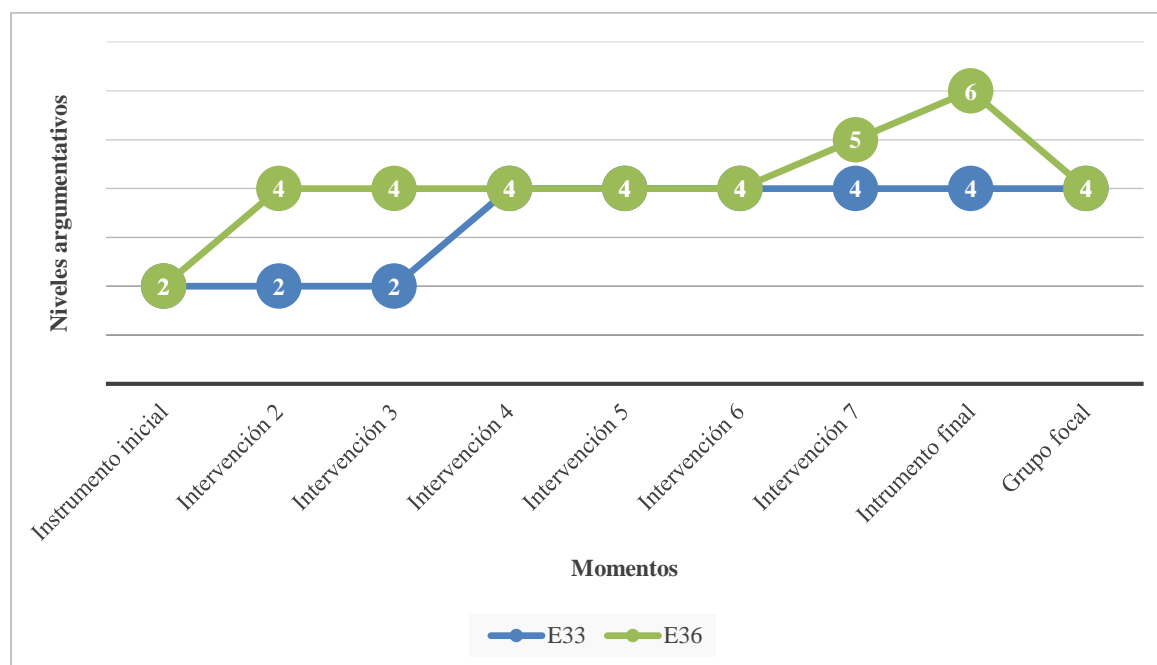
En dicho ejemplo es evidente el uso de la terminología precisa para referirse a la relación de dominancia – recesividad planteado en el criterio 14, lo cual puede sugerir que el E36 afianzó su

modelo explicativo de herencia mendeliana, debido a que aplica el lenguaje científico en la resolución de un problema de herencia genética.

Del mismo modo, en la gráfica 6 se observa que en los tres momentos finales el E36 hace uso de mayor número de criterios para resolver los problemas planteados, es decir, el estudiante recurre a más conceptos teóricos para explicar los fenómenos de herencia genética (Pinzon, 2014).

## 6.2 Argumentación

En este apartado se analizó el comportamiento de los niveles argumentativos en el transcurso de los nueve momentos de la investigación de los dos estudiantes seleccionados para el análisis comprensivo (E33 y E36). Además, se ubicaron los niveles argumentativos teniendo en cuenta la fortaleza entre los elementos de la argumentación según lo descrito en la metodología. Los dos estudiantes elegidos participaron activamente de las discusiones y se les facilitó defender sus puntos de vista.



**Gráfica 7:** Niveles de argumentación en nueve momentos de la investigación del E33 y E36. Fuente: Elaboración de los autores.

### 6.2.1 Niveles argumentativos de E33

En la gráfica 7 se puede ver que en los tres primeros momentos de la investigación el E33 presentó argumentos ubicados en el nivel 2 según el tratamiento descrito anteriormente en la metodología (Tabla 2 y 3) al presentar argumentos elaborados con J-C. Este nivel está determinado por la presencia de dos elementos de la argumentación con poca o ninguna relación entre estos. A partir de la intervención 4 el estudiante mejoró sus argumentos al incluir en estos D-J-C sin relación entre estos elementos, por lo cual es ubicado en el nivel cuatro de argumentación. El E33 mantuvo el nivel 4 hasta el momento final de la investigación (gráfica 7).

En los siguientes ejemplos se puede evidenciar algunas respuestas del E33 con los niveles argumentativos ubicados en los momentos según la rejilla:

**6.2.1.1 Momento 1: Instrumento inicial.** E33 “Sale con cola ya que a los padres se les corto la cola después de que ya se habían formado con todos los genes”

**6.2.1.2 Momento 2: Intervención 2.** E33 “El resultado fue positivo porque el homúnculo se movió.”

**6.2.1.3 Momento 3: Intervención 3.** E33 “Que la teoría de Lamarck es falsa con este caso porque esto va en los genes de cada uno.”

**6.2.1.4 Momento 4: Intervención 4.** E33 “No, porque los genes no se pueden mezclar, tal vez se heredan de padres a hijos.”

**6.2.1.5 Momento 5: Intervención 5.** E33 (0:59) “En el experimento que hicimos se pudo representar que se ven más reflejado los alelos dominantes ya que en casi todos los fenotipos

dieron con el genotipo dominante ya que en la mezcla al azar salían más que todo los alelos dominantes.”

**6.2.1.6 Momento 6: Intervención 6.** E33 (0:22) “El color de la célula después de un procedimiento quedará de color negro, ya que hay un 50% de probabilidad de que salga negra y un 25 de blanca y 25 de marron, ya que... Ya que en el procedimiento la negra es el color dominante sería el más probable que salga.”

**6.2.1.7 Momento 7: Intervención 7.** E33 “El bebé de la cuarta pareja es A ya que el A domina sobre O y esto conlleva a que sólo se exprese A por ser quién domina.”

**6.2.1.8 Momento 8: Instrumento final.** E33 “El color de la oveja será negra ya que domina sobre los demás colores por ser AA y la oveja marron ser Aa y la oveja blanca ser aa. Entonces el que domina sobre los demás es el AA y sería negra.”

**6.2.1.9 Momento 9: Grupo focal.** E33 (4:39) “Entonces serían la opción 1 y 2.”

E33 (5:09) “Nos están pidiendo que sea cabello oscuro.”

E33 (5:12) “Aja, y como ya es recesiva para sin lóbulo, entonces serían b y b es para que pueda salir.”

E33 (5:22) “Sin lóbulo, por eso.”

En los tres primeros momentos de la investigación el E33 usa solo dos elementos de la argumentación: J-C. En la respuesta del momento 2 el estudiante comienza el argumento con una conclusión “El resultado fue positivo”, seguido de un conector “porque”, el cual une las dos partes de la oración, en este caso la conclusión con la justificación “el homúnculo se movió.” El uso de solo dos elementos de la argumentación con una relación débil entre dichos elementos ubica la respuesta del estudiante en el nivel 2.



Igualmente, en el momento 3 se intervino el modelo de caracteres adquiridos de Lamarck, en el cual el estudiante utiliza solo dos elementos para construir sus argumentos: J-C. Es común que los estudiantes no estén de acuerdo con los modelos científicos propuestos en el análisis histórico del concepto, sin embargo, no tienen la información (datos) para respaldar las justificaciones, ni los respaldos teóricos para argumentar porque están en desacuerdo. En otras palabras, al proponerles un problema sobre la herencia de caracteres adquiridos de Lamarck (Actividad 3, intervención 3, anexo 2) ellos se apresuran a concluir que es imposible que los ratones salgan sin cola, pero a la hora de encontrar datos que respaldan dicha conclusión se les dificulta, formando argumentos poco elaborados. A medida que se va desarrollando la secuencia didáctica y se van abordando otros modelos científicos de herencia que fueron propuestos en la historia del concepto, los estudiantes van encontrando la información y el respaldo teórico que les permite elaborar mejores argumentos que fortalezcan sus conclusiones.

Igualmente, los presentes resultados contrastan con lo reportado por Tamayo (2011) y Dawson & Venville (2010), quienes encontraron que los argumentos iniciales elaborados por estudiantes estaban principalmente formados por D-C ubicados en el nivel 2. En el presente trabajo los estudiantes construyeron argumentos principalmente con J-C, según Tamayo (2011), la justificación es un elemento que determina la calidad del argumento debido a que compromete explicar el paso de los datos a la conclusión.

Según Erduran, Simon, & Osborne (2004), resalta la importancia de los conectores para construir buenos argumentos. Según los autores el estudiante debe utilizar adecuadamente los conectores para enlazar los elementos de la argumentación, así, cuando el estudiante quiere justificar una conclusión lo más claro es que utilice un *“porque”* o *“ya que”*. El E33 utiliza principalmente estos dos conectores para darle sentido al argumento y conectar la justificación

con la conclusión. Sin embargo, en las respuestas se puede deducir que los estudiantes no usan correctamente los conectores que determinan los elementos de la argumentación. Como en el siguiente ejemplo “*ya que hay un 50% de probabilidad de que salga negra y un 25 de blanca y 25 de marrón...*”, en este se evidencia que usa el “*ya que*” para seguir con un dato y no con una justificación, lo cual sería lo correcto. Resultados similares reportó Restrepo (2017) debido posiblemente a que cuando se enseña a argumentar no se enfatiza en los conectores apropiados para cada uno de los elementos de la argumentación.

El desarrollo de las actividades de la secuencia didáctica le permitió al estudiante mejorar sus argumentos después de la intervención 4 (Sardá & Sanmartí, 2000; Tamayo, 2011), el estudiante comenzó a elaborar argumentos con D-J-C, aunque con poca relación entre estos elementos, por lo cual se ubicaron sus respuestas en el nivel 4, como se puede ver en el ejemplo anterior en la actividad 4, intervención 5 (Anexo 2): el estudiante comienza el argumento con una clara conclusión en la cual responde a la pregunta planteada sobre cuáles son las características más abundantes en una población: “*En el experimento que hicimos se pudo representar que se ven más reflejado los alelos dominantes*”; el estudiante continua con una justificación “*ya que en casi todos los fenotipos dieron con el genotipo dominante*”; y termina con un dato “*ya que en la mezcla al azar salían más que todo los alelos dominantes.*”

Este resultado se debió a que las actividades de la secuencia didáctica fueron diseñadas con diferentes espacios argumentativos individuales y grupales con el fin de mejorar los niveles de los estudiantes (Pinzon, 2014). El cambio en los niveles argumentativos del E33 se dio posiblemente a que el estudiante mejoró la lógica del razonamiento científico, al reconocer la importancia de hacer aseveraciones con fundamentos, ya que incluyó elementos discursivos

propios de las ciencias, cuando utilizó datos para darle fuerza a sus conclusiones y las justificaciones para relacionar dichos datos y conclusiones.

Además, el E33 siempre comenzó sus argumentos con una conclusión, seguido por lo regular de una justificación. Que el estudiante utilice este orden en su estructura argumentativa puede sugerir que mecanizó la construcción de sus argumentos, sin embargo, el orden con el cual se elaboran los argumentos no tiene relevancia para definir la calidad del mismo, como lo dice Chamizo (2007): “Así a partir de tres preguntas diferentes los alumnos están en condiciones de argumentar de acuerdo con la secuencia de pensamiento: a partir de lo que tenemos, que se quiere probar y como podemos hacerlo, también que se quiere probar, a partir de lo que tenemos y como podemos hacerlo.”

### **6.2.2 Niveles argumentativos del E36**

En el momento inicial el E36 fue ubicado en el nivel argumentativo 2 con argumentos elaborados con dos elementos (gráfico 7). Sin embargo, en el momento 2 correspondiente a la segunda intervención de la secuencia didáctica el estudiante mejoró sus argumentos hasta el nivel 4 con tres elementos, D-J-C, lo cual se mantuvo hasta la intervención 6. Desde esta intervención el E36 presentó una tendencia a mejorar sus argumentos hasta alcanzar el nivel 6 en las respuestas del instrumento final. En el último momento de la presente investigación correspondiente al grupo focal el E36 terminó en el nivel 4 de argumentación.

En los siguientes ejemplos se muestra el cambio en los niveles argumentativos del E36:

**6.2.2.1 Momento 1: Instrumento inicial.** E36 *“Puede salir negra con blanca o gris porque la blanca aporta el ovulo y la negra el núcleo que puede ser el espermatozoide y la marrón solo aporta el útero para que el embrión se desarrolle.”*

**6.2.2.2 Momento 2: Intervención 2.** E36 (0:10) “Pues yo digo que el experimento es un total fracaso. ¿Cómo puede ser posible que un ser de esos sea creado no más con huevo y espermatozoides? Pues sería ilógico.”

E36 (0:37) “¿Cómo hicieron para que en el video apareciera el homúnculo moviéndose?”

E36 (0:44) “Seguramente pudieron haberlo alterado metiéndole algún imán o algo.”

E36 (1:01) “¿Y cómo hacer posible también que una criatura de estas, como dicen, se forme no más en diez días?”

E36 (1:28) “Es un huevo que no está empollado por un gallo, ¿Cierto? Puede que es huevo normalito que no crece más. ¿Y cómo va a ser posible que al inyectarle semen salga una criatura de estas?”

E36 (1:54) “¿Y cómo es posible que una criatura se haga en tan solo diez días? Sabiendo que cualquier especie o cualquier criatura se demora meses, incluso un ser humano se demora nueve meses en reproducirse.”

**6.2.2.3 Momento 3: Intervención 3.** E36 (0:02) “Yo pienso que la teoría de Lamarck es totalmente falsa porque si cruzan dos ratones sin cola, el resultado de las crías van a ser normales, los roedores van a salir normal desarrollados con sus colas, y que cruzan que dizque un ratón con cola y uno sin cola, dicen que el resultado va a ser, que dizque un ratón con cola más corta.”

**6.2.2.4 Momento 4: Intervención 4.** E36 (0:01) “Ah pues yo opino que es totalmente falso porque como va a ser posible que los hijos salgan con el color mezclado de los padres, ¿Si me entiende? Por ejemplo: el papá es pelo negro y la mamá es rubia, los hijos van a salir como dice la herencia mezcladora que van a salir de pelo oscuro, con el color mezclado, entonces eso sería como poquito ilógico...”

**6.2.2.5 Momento 5: Intervención 5.** E36 “La razón por la que nos parecemos a nuestros padres pero no somos iguales es porque ellos nos pasan algunas características de ellos no todas y nosotros desarrollamos nuestro físico pero salimos con algunos rasgos de nuestros padres.”

**6.2.2.6 Momento 6: Intervención 6.** E36 (0:01) “Si nosotros quisiéramos elegir alguna parte del cuerpo de ellos para salir un hijo bien bonito o bien bonita, nosotros elegiríamos que sea una hija elegiríamos los labios de Selena Gómez, que esta ¡Jum! y elegiríamos el color de ojos de... y los ojos de Zac Efron.”

E36 (0:54) “Ausentes y las cejas que sean ausentes.”

E36 (1:01) “Que no son así uniceja sino que son separaditas, son delgaditas bonitas.”

E36 (1:07) “No pero es que ustedes serían bonitas.”

E36 (1:23) “Entonces esta sería la persona que nosotros quisiéramos que saliera de las Cruce de estas dos personas, así sea la persona ideal que sea alta también.”

**6.2.2.7 Momento 7: Intervención 7.** E36 “Yo digo que es porque la madre heredó la enfermedad a dos de sus hijos pero solo el niño es hemofílico porque es menos probable que las mujeres sufran esta enfermedad más bien ellas son las portadoras.”

**6.2.2.8 Momento 8: Instrumento final.** E36 “Pues yo digo que sin importar que si a los ratones le cortaran la cola y luego los cruzaran las crías saldrían con sus colas normales, porque si uno de los padres pierde alguna parte del cuerpo no quiere decir de que las crías nazcan faltándole esa parte, la única posibilidad creo yo de que alguna cría salga sin una parte puede ser de una mal formación genética.”

**6.2.2.9 Momento 9: Grupo focal.** E36 (13:42) “Pues yo creo que la oveja sí sería negra.”

E36 (13:46) *“Porque la marrón sólo nos aporta el útero, prácticamente digámoslo así donde se va a desarrollar la cría, la blanca nos aporta el óvulo pero sin el núcleo, acá se puede decir que la parte más importante es de la negra qué nos aporta el núcleo...”*

En el instrumento de modelos explicativos iniciales el estudiante presentó en su mayoría argumentos con dos elementos, D-C y J-C. Según Chamizo (2007), la conclusión puede construirse como la respuesta a la pregunta, lo cual puede explicar porque los estudiantes elaboran mas argumentos usando conclusiones, no se encontró un argumento básico construido con D-J. En el ejemplo del E36 en el momento 1 (Anexo 1) el estudiante inició su argumento respondiendo a la pregunta cuando concluye: *“Puede salir negra con blanca o gris”*. Esto podría sugerir que para el estudiante es importante darle respuesta a la pregunta, posiblemente para satisfacer la demanda del docente, sin tener en cuenta que estas conclusiones deben estar soportadas con datos y justificaciones (Sardá & Sanmartí, 2000).

Ademas, despues de la conclusion el E36 aporta datos *“porque la blanca aporta el ovulo y la negra el núcleo que puede ser el espermatozoide y la marrón solo aporta el útero para que el embrión se desarrolle.”* Respecto a este elemento (dato), se puede apreciar que el estudiante hace uso de un conector propio de una justificación (porque) para anexar datos a su argumento. Restrepo (2017) plantea que es común que los estudiantes no utilicen correctamente los conectores con los elementos de la argumentacion correspondientes. Los conectores porque, ya que, debido a, a causa de, entre otros, indican que lo que sigue en el hilo argumental es una justificación; los conectores por ejemplo, como muestra, tal como, a saber, al comparar, entre otros, es común que se utilicen para referenciar datos. Resultados similares reportó Restrepo (2017), debido posiblemente a que cuando se enseña a argumentar no se enfatiza en los conectores apropiados para cada uno de los elementos de la argumentación.

Asimismo, siguiendo con el uso de los datos en esta respuesta del E36, se observó como el estudiante utilizó los datos que ya estaban planteados en la pregunta para la elaboración del argumento, sin aportar datos nuevos. Según Sardá & Sanmartí (2000) los estudiantes contruyen argumentos tautológicos con poca relación entre los elementos de la argumentación, o con enunciados ambiguos, lo cual es común en estudiante de grado noveno. En este sentido, Tamayo (2011), reportó que los estudiantes en sus argumentos tienden a describir los fenomenos trabajados en las actividades de clase, lo cual es una demostracion de argumentos pobres en los momentos iniciales.

A partir del momento 2 el estudiante mejoró su estructura argumentativa al incorporar un elemento mas a su argumentos (Grafica 7), utilizando D-J-C como elementos predominantes hasta el momento 6, aunque sin relación entre dichos elementos, el cual se ubicó en el nivel 4 (Figura 7). Un ejemplo es la siguiente respuesta del E36 en la discusión de la actividad 3 en la intervención 4 (Anexo 2) de la secuencia didáctica, en la cual comienza con una conclusión: *“Ah pues yo opino que es totalmente falso”* seguido por una justificación *“porque como va a ser posible que los hijos salgan con el color mezclado de los padres”*. Se puede observar que el estudiante uso “porque” como conector adecuado para la justificación en la que relacionó los datos con la conclusión, lo cual podría sugerir que el estudiante no solo mejoro su estructura argumentativa, sino también el uso de los conectores. Asimismo, se puede evidenciar cuando el estudiante toma los ejemplos para darle fuerza a la conclusión, donde usa el conector “por ejemplo” para llevar coherencia en el hilo argumentativo: *“Por ejemplo: el papá es pelo negro y la mamá es rubia, los hijos van a salir como dice la herencia mezcladora que van a salir de pelo oscuro, con el color mezclado”*. Al final del argumento el estudiante recalcó su posición con otra conclusión *“entonces eso sería como poquito ilógico...”*, sin embargo no utiliza respaldos

teóricos que refuercen la justificación y le den mayor fortaleza al argumento, solo se limitó a decir que es “ilógico”, sin ofrecer elementos conceptuales de peso que refuercen su punto de vista. Estos resultados concuerdan con Sarda y Sanmartí (2000), quienes reportaron en sus resultados que los estudiantes no utilizan respaldos teóricos para darle fuerza a la justificación. Sin embargo, detectaron que los estudiantes tenían dificultad para llevar un hilo coherente y lógico en la elaboración de los argumentos, lo cual no es el caso del presente estudiante, quien mejoró no solo la estructura de sus argumentos, sino también la coherencia con que enlaza los elementos de la argumentación.

En los momentos 7 y 8 de la investigación el E36 mejoró no solo su estructura argumentativa, sino también la relación entre los elementos de la argumentación al presentar fortaleza alta entre estos (la fortaleza en la relación entre los elementos de la argumentación se discutirá en el siguiente apartado). El nivel argumentativo más alto presentado por el estudiante se encontró en el momento 8 correspondiente al instrumento final (Anexo 3), debido a que el estudiante comenzó a usar de manera frecuente refutadores en sus argumentos. En el siguiente ejemplo de respuesta de la pregunta 3 del instrumento final (Anexo 3) se evidencia el uso de refutadores:

*“Pues yo digo que sin importar que si a los ratones le cortaran la cola y luego los cruzaran las crías saldrían con sus colas normales, porque si uno de los padres pierde alguna parte del cuerpo no quiere decir de que las crías nazcan faltándole esa parte, la única posibilidad creo yo de que alguna cría salga sin una parte puede ser de una mal formación genética”.*

En este ejemplo se observa claramente la conclusión del E36 respecto a la situación problema “*las crías saldrían con sus colas normales*” y además aportó datos que justifican esta conclusión. No obstante, cabe resaltar que al final de argumento el estudiante propone otra posibilidad en la cual no se cumpliría la conclusión, en la cual plantea una opción en la que las



crías saldrían sin cola a causa de una mutación. Debido a la presencia del refutador este argumento se ubicó en el nivel 6 según la rejilla descrita en la metodología (Tabla 2). Erduran, Simon, & Osborne (2004) recalcan que la presencia de refutadores es un indicador de la calidad del argumento ya que obliga al estudiante a plantearse cuales pueden ser las debilidades de su propuesta y a anticiparse a los posibles contraargumentos de sus compañeros, incluso Erduran, Simon, & Osborne (2004) se plantean que los argumentos de calidad solo se dan en los procesos dialecticos en que las discusiones entre diferentes posiciones permiten la elaboracion de argumentos con refutadores, lo que condiciona la evaluacion de la validez de las justificaciones y conclusiones para adelantarse a los posibles ataques que pueden hacer los otros miembros de la discusión; en este escenario la contraparte estaria obligada a hallar las debilidades del argumento del otro para elaborar su contraargumento. Además, Garcia (2016) plantea que el uso de refutadores le da validez al argumento porque evidencia que el estudiante tiene mas posibilidades para emitir un juicio o solucionar un caso. También Gilbert y Justi (2016) determinaron el contraargumento y la capacidad para tener en cuenta otros puntos de vista como destrezas y habilidades de alto nivel argumentativo.

Es evidente que el estudiante mejoró sus niveles arguementativos en el transcurso de la investigacion, debido a que las actividades de la secuencia didactica estuvieron diseñadas con episodios argumentativos individuales, los cuales ayudaron a que el estudiante tome posición, y episodios argumentativos grupales que le permitieron al estudiante poner a prueba sus constructos y mejorarlos en el proceso (Erduran, Simon, & Osborne, 2004; Garcia, 2016; Tamayo, 2011). En los momentos discursivos el estudiante tiene la oportunidad de construir argumentos mas completos usando elementos que va incluyendo en su discurso, además pone a prueba sus construcciones argumentativas individuales en las discusiones grupales y aprende a

usar los elementos de la argumentación en contextos académicos que mejoran el conocimiento científico (Gilbert & Justi, 2016; Pinzon, 2014).

### 6.3 Fortaleza entre los elementos de la argumentación

En apartados anteriores se analizó y discutió los niveles argumentativos del E33 y E36 según la rejilla de argumentación usada en la metodología, la cual tiene en cuenta la relación entre los elementos para ubicar los diferentes niveles de la argumentación, si el estudiante presentó alta fortaleza entre los elementos de la argumentación fue ubicado en niveles más altos.

Tabla 19

*Porcentaje de argumentos con fortaleza alta en la relación de los elementos de la argumentación presentes en E33 y E36 en los nueve momentos de la investigación.*

	I. <u>Ini.</u>	<u>Int. 2</u>	<u>Int. 3</u>	<u>Int. 4</u>	<u>Int. 5</u>	<u>Int. 6</u>	<u>Int. 7</u>	I. Final	G. Focal
								J-C	
E33	0	0	0	J 14%	D-J 33.3%	0	D-J-C 20%	16,6% D-J-C 33,3%	D-J-C 16%
E36	0	0	D-J-C 14.2%	0	0	D-J-C- R 50%	D-J-C 50%	16.6% D-J-C- R 50%	D-J 16,6% D-J-C- R 16%

*Fuente: Elaboración de los autores*

En la tabla 19 se puede observar que la fortaleza entre los elementos de la argumentación de los dos estudiantes fue mejorando a medida que se avanzaba en la investigación. En las intervenciones iniciales no se presentaron argumentos con fortaleza alta, sin embargo se observa en los momentos finales mayor número de respuestas con fortaleza alta.

### **6.3.1 Fortaleza en la relación entre los elementos de la argumentación del E33**

El E33 no presentó ninguna respuesta con fortaleza alta en los dos primeros momentos de recogida de información (instrumento inicial e intervención 2). Sin embargo, en los momentos finales se evidencia que aumentó el número de respuestas con fortaleza alta, alcanzando el 50% de las respuestas del instrumento final (Tabla 19).

Es de resaltar que aunque el estudiante presentó argumentos con fortaleza alta en algunos momentos de la investigación, estos nunca representaron la mayoría de las respuestas para ser ubicado en los niveles definitivos de cada momento (Gráfica 7). Por ejemplo, en el instrumento final el estudiante presentó 33,3% de respuestas con fortaleza alta entre D-J-C, lo cual ubicó dichos argumentos en el nivel 5 y 16,6% de fortaleza alta entre J-C que lo ubicó en el nivel 3, pero el 50% de las respuestas presentaron D-J-C con fortaleza baja, lo cual indicó baja relación entre los elementos y la ubicación final fue nivel 4.

En el siguiente ejemplo perteneciente al instrumento final se observa una respuesta con fortaleza alta entre los elementos de la argumentación.

Tabla 20

*Ejemplo de argumento con fortaleza alta en respuesta de la primera pregunta del instrumento final (Anexo 1) del estudiante E33.*

<b>Dato</b>	<b>Criterio</b>	<b>Poder explicativo</b>	<b>Congruencia</b>	<b>Fortaleza</b>	<b>Nivel</b>
-------------	-----------------	--------------------------	--------------------	------------------	--------------

---

Podría ser de ojos tanto					
claros como oscuros, ya					
que los alelos de María	12				
podrían ser así: Aa y los de	13				
Juan podrían ser ser Aa, al	14				
tener un hijo podrían ser de	15	Alto	Alta	Alta	5
la siguiente manera: Aa o	16				
aa y se podría expresar el					
color claro o el color					
oscuro.					

---

*Fuente: Elaboración de los autores.*

El argumento anterior fue elaborado con tres elementos (D-J-C), lo cual lo ubicaría en los niveles 4 o 5, según la relación entre dichos elementos. En la metodología se describió como se determinó esta relación de acuerdo a los indicadores de fortaleza (Tabla 3). En ésta respuesta el estudiante hizo uso de cinco criterios de modelos explicativos para construir su argumento, lo cual le dió un poder explicativo alto. El uso de varios criterios pertenecientes a dos modelos explicativos por parte del estudiante podría suponer que manejó un mayor bagaje conceptual en su discurso lo cual le permitió tomar mayor número de fundamentos teóricos sobre herencia genética para elaborar sus argumentos. Pinzón (2014), reportó que cuando un estudiante amplía sus contenidos conceptuales puede construir mejores argumentos. Sardá & Sanmartí (2000), hicieron referencia al patrón temático, el cual es la apropiación de los modelos explicativos en el discurso científico del estudiante. En el proceso de elaboración del argumento el estudiante pudo ampliar el uso de modelos explicativos para tomar varios componentes teóricos que respalden las

conclusiones con datos y justificaciones, además le permitió enlazar con facilidad los elementos de la argumentación en el proceso dialectico.

Por otro lado, en este ejemplo el estudiante presentó una alta congruencia según Duval (1999), al tener alta correspondencia entre los criterios expresados por el estudiante y el modelo didáctico del docente. El criterio 15 plantea que “Una característica está determinada por dos copias (alelos), cada una aportada por un progenitor” y en la respuesta el estudiante expresó “...ya que los alelos de María podrían ser así: Aa y los de Juan podrían ser ser Aa...” Para los autores fue evidente la congruencia entre la respuesta del E33 y el criterio 15 del modelo explicativo mendeliano específico. De esta forma, el estudiante presenta congruencia alta en los otros criterios identificados en las respuestas. En consecuencia, al presentar un alto poder explicativo y una alta congruencia, se determinó un argumento con fortaleza alta, de modo que hubo relación fuerte entre los elementos de la argumentación y, por consiguiente, el argumento se ubicó en un nivel 5.

### **6.3.2 Fortaleza en la relación entre los elementos de la argumentación del E36**

El E36 presentó baja fortaleza entre los elementos de la argumentación en los dos primeros momentos de la investigación. En el momento 3 se observa que el estudiante comenzó a manejar fortaleza alta en el 14.2% de las respuestas, sin embargo, en los momentos finales el estudiante aumentó el número de argumentos con fortaleza alta, es de destacar que en el instrumento final el 82,6% de sus argumentos presentaron fortaleza alta (Tabla 19), de tal forma que alcanzó el nivel argumentativo 6.

En el siguiente ejemplo se muestra una respuesta con fortaleza alta del instrumento final en el momento 8.

Tabla 21

*Ejemplo de argumento con fortaleza alta en la respuesta de la pregunta 1 del instrumento final (Anexo 3) del E36.*

Respuesta	Criterio	Poder explicativo	Congruencia	Fortaleza	Nivel
Pues yo creo que en este árbol					
genealógico no pueden tener					
hijos con ojos color claro					
porque en las imágenes los					
abuelos tienen alelos					
dominantes, entonces los hijos					
también saldrían con ojos color	12				
oscuros, pero pensando bien	13				
puede que los abuelos sean Aa-	14	Alto	Alto	Alto	6
Aa causando que cuando se	15				
escojan al azar tengan la	16				
posibilidad de que se junten los					
alelos recesivos (aa) saliendo					
los hijos con ojos de color claro					
aunque esta sería una					
posibilidad de oscuro 75% claro					
25%.					

*Fuente: Elaboración de los autores.*

En este ejemplo se identificaron cinco criterios de dos modelos explicativos, el modelo mendeliano general (criterios 12 y 13) y modelo mendeliano específico (criterios 14, 15 y 16),

donde se aprecia que el estudiante utilizó más recursos conceptuales de herencia genética para construir su argumento, por lo tanto se determinó un poder explicativo alto.

Respecto al indicador de congruencia, el estudiante respondió: *“Pues yo creo que en este árbol genealógico no pueden tener hijos con ojos color claro porque en las imágenes los abuelos tienen alelos dominantes, entonces los hijos también saldrían con ojos color oscuros...”*, en este ejemplo se puede identificar como el estudiante concibió que la información hereditaria se pasa de los progenitores a la descendencia, según lo plantea el criterio 12, al referirse que los hijos saldrían con los ojos oscuros igual que los padres. Además, el criterio 16 dice “Existen características que no se manifiestan en la F1 pero si en la generación F2”, y la respuesta del E36 fue: *“...pero pensando bien puede que los abuelos sean Aa-Aa causando que cuando se escojan al azar tengan la posibilidad de que se junten los alelos recesivos (aa) saliendo los hijos con ojos de color claro...”*, donde es claro que el estudiante hace referencia a que algunas características se pueden manifestar no en sus hijos, si no en sus nietos, es decir, las características se pueden expresar en la generación F2. Al tener una gran correspondencia entre las respuestas del estudiante respecto a criterios de los modelos explicativos se determinó que el estudiante tuvo una congruencia alta, del mismo modo el estudiante presentó un alto poder explicativo, de manera que la fortaleza de este argumento fue alta entre los elementos de la argumentación.

El indicador de congruencia (Duval, 1999) hace alusión a la correspondencia que tiene la representación semiótica del estudiante respecto al modelo didáctico del docente, en este caso los criterios de los modelos explicativos de herencia genética. Esta correspondencia está relacionada con el uso del lenguaje científico (Galagovsky & Adúris-Bravo, 2001; Gilbert & Justi, 2016), con lo cual al emplear términos específicos de los modelos explicativos, tales como: dominancia,

recesividad, alelos, expresión, progenitores, fenotipo, genotipo, entre otros, el estudiante acercó su representación de su modelo al modelo expresado por el docente. Además, en el transcurso de las actividades de la secuencia didáctica diseñada con la intencionalidad de promover la argumentación en clase de ciencias respecto al concepto de herencia genética, el estudiante fue mejorando la fortaleza entre los elementos de la argumentación, en los episodios argumentativos el estudiante tuvo la oportunidad de confrontar sus ideas y se obligó a relacionar de una manera más contundente sus evidencias y razones al explicar su premisa, aumentando la relación entre dichos elementos (García, 2016). Respecto a esto, Jiménez Aleixandre & Puig (2010) dicen que los estudiantes mejoraron sus niveles argumentativos al expresar sus ideas durante los ejercicios y utilizaron conceptos más elaborados en la construcción de sus discursos, al articular la pruebas con los datos mediante el uso de la argumentación se contribuye a la alfabetización científica.

En estos resultados se pudo ver que en todas las respuestas de niveles 5, 6 y 7 de la argumentación se determinó la fortaleza alta, posiblemente a que el estudiante a medida que iba aprendiendo a utilizar los elementos de la argumentación en la construcción de sus argumentos, también iba aprendiendo a relacionar dichos elementos y a articularlos en el desarrollo de su discurso (García, 2016). Sarda y Sanmartí (2000) también determinaron que los estudiantes construyeron mejores argumentos según la estructura del texto pero con poca o nula relación entre dichos elementos (fisiología del texto).

Debemos tener en cuenta que el concepto de congruencia de Duval (1999) es distinto del de coherencia o concordancia de Sardá & Sanmartí (2000). La congruencia de Duval (1999) se refiere a la correspondencia que tiene las diferentes formas de representación semiótica respecto al modelo y cuando Sardá & Sanmartí (2000) hablan de coherencia o concordancia se refiere al análisis de la lingüística textual en la relación de los componentes gramaticales.



## 6.4 Relación entre la argumentación y el movimiento de los modelos explicativos

En este apartado se analizó la relación que tienen los procesos argumentativos en el aula de clase con los movimientos de los modelos explicativos de los estudiantes. En los apartados anteriores se evidenció independientemente que los estudiantes analizados a profundidad movieron sus modelos explicativos del concepto de herencia genética a otros más cercanos al modelo didáctico del docente y, de la misma manera, mejoraron sus niveles argumentativos al usar mayor número de elementos de la argumentación y aumentar el número de argumentos con fortaleza alta. Sin embargo, no se ha establecido como es la relación entre estas dos categorías.

### 6.4.1 Relación entre los niveles argumentativos y los modelos explicativos del E33

En la tabla 22 y la figura 4 se muestran la relación de los niveles argumentativos y los modelos explicativos del E33 en los nueve momentos de la investigación. Lo que mostró la tabla y la figura es que el estudiante movió sus modelos explicativos del modelo mendeliano general al modelo mendeliano específico, pasando en el momento dos por el modelo cotidiano. En los niveles argumentativos el estudiante pasó del nivel 2 al 4.

Tabla 22

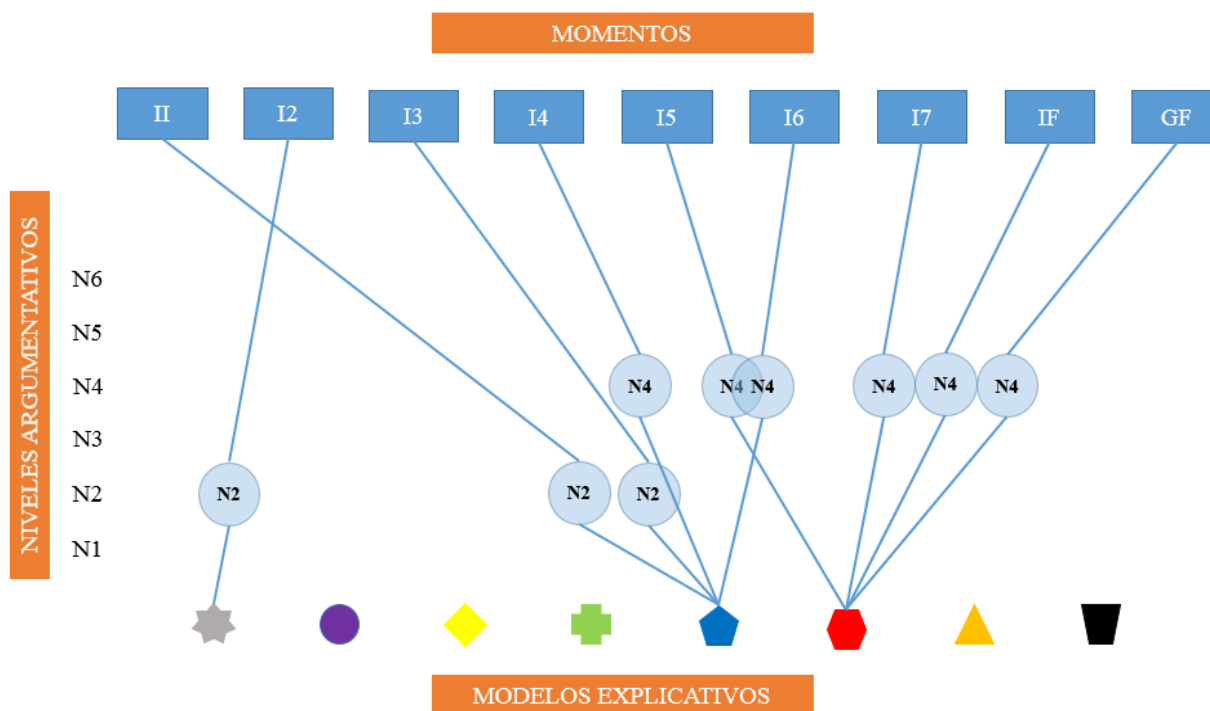
*Ejemplos de respuestas del E33 donde se relacionan los modelos explicativos con los niveles argumentativos en nueve momentos de la investigación.*

Momento	Dato	Criterios	Modelo	Nivel
Instrumento inicial	Sale con cola ya que a los padres se les corto la cola después de que ya se habían formado con todos los genes.	12	Mendeliano general	2
Pregunta 4		13		
Intervención 2	El resultado fue positivo porque el homúnculo se movió.	4	Cotidiano	2
Actividad 2				

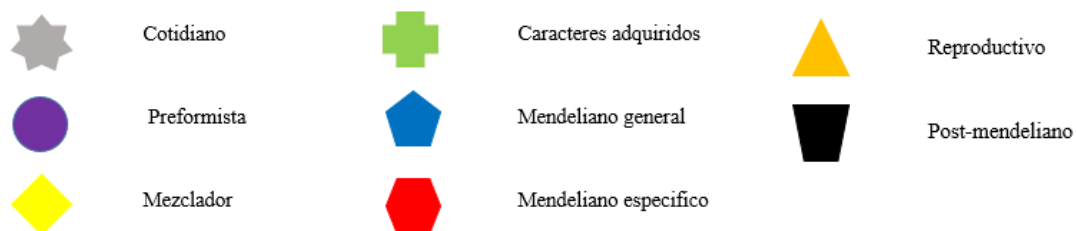
	(0:34) Yo opino que los ratones saldrían			
Intervención 3	totalmente normales, porque eso no, que los	11		
Actividad 3	padres les corten las colas no afecta en nada, ni en		Mendeliano	
Episodio	los genes ni nada, yo pienso que salen normales	12	general	2
argumentativo	porque... lo son por el... pues lo genes, sino			
	porque se las corten cuando nacen, saldrían			
	normales con cola como un ratón normal.			
Intervención 4	No, porque los genes no se pueden mezclar, tal	11	Mendeliano	
Actividad 2	vez se heredan de padres a hijos.	12	general	4
Intervención 5	(0:59) En el experimento que hicimos se pudo			
Actividad 4	representar que se ven más reflejado los alelos	14	Mendeliano	
Episodio	dominantes ya que en casi todos fenotipos dieron		específico	4
argumentativo	con el genotipo dominante ya que en la mezcla al	15		
	azar salían más que todo los alelos dominantes.			
Intervención 6	JA (0:22) El color de la célula después de un	19		
Actividad 5	procedimiento quedará de color negro, ya que hay	13	Mendeliano	
Episodio	un 50% de probabilidad de que salga negra y un	12	general	4
argumentativo	25 de blanca y 25 de marron, ya que... Ya que en			
	el procedimiento la negra es el color dominante	14		
	sería el más probable que salga.			
Intervención 7	El bebé de la primera pareja es O ya que los dos	12	Mendeliano	
Actividad 2	tipos de sangre los padres son O y no se podría	15	específico	4
	expresar otra manera.	13		

	El bebé de la segunda pareja es B Porque existe una probabilidad de que el AB, al ser mezclado con O salgan A o B y en este caso saldría B.			
	El bebé de la tercer pareja es AB ya que al combinarse estos dos tipos de sangre se tiene una probabilidad demasiado elevada de que salga con ese tipo de sangre de característica AB.	7		
	El bebé de la cuarta pareja es A ya que el A domina sobre O y esto conlleva a que sólo se exprese A por ser quién domina.	14		
Instrumento final	El padre no es progenitor ya que al hacerse el cuadro de Punnet se evidencia que el tipo de sangre del padre no coincide con el de la madre.	12	Mendeliano	4
Pregunta 5	Cuadro de Punnett atrás.	14	específico	
	JA (10:53) Si, porque el papá aporta el AB ¿No? y sí está diciendo que el joven es O y no es posible porque si la mamá al ser O positivo se expresaría, ya sería, el joven saldría con AB o con A o con B, porque pues, esto ¿Qué se podría decir ahí?	15		
Grupo focal		13	Mendeliano	4
Pregunta 5	Entonces se podría expresar A o B o el AB.	21	específico	
	JA (12:48) Puede salir A o B o AB.	21		

Fuente: Elaboración de los autores.



**Figura 4:** Relación de los niveles argumentativos con los modelos explicativos de herencia genética en nueve momentos de la investigación en el E33. N: Nivel argumentativo, II: Instrumento inicial, I: Intervención, IF: Instrumento final, GF: Grupo focal.



Fuente: Elaboración de los autores.

En los tres primeros momentos de la investigación el estudiante transitó entre los modelos cotidiano y mendeliano general (Tabla 22), debido a que el estudiante inicio la secuencia didáctica con modelos explicativos iniciales de estos dos modelos. Como se ha dicho anteriormente, el estudiante inicio con estos modelos debido posiblemente a dos razones: primera, el año escolar anterior se abordaron contenidos de reproducción, cromosomas, división celular, ADN, entre otros (Ayuso E. , 2000); y segundo, los medios de comunicación hacen

alusión a conceptos propios de genética como prueba de maternidad, mutación, genes, ADN, clonación, entre otros (Iñiguez & Puigcerver, 2013).

En la intervención 4 (I4) el estudiante mejoró su nivel argumentativo pasando del nivel 2 al 4 (Tabla 22 y figura 4), sin embargo, continuó argumentando desde el modelo mendeliano general (pentágono azul). Entre los momentos 5, 6 y 7 (I5, I6 e I7) se observa que el estudiante transitó por los dos modelos mendeliano general (pentágono azul) y mendeliano específico (Hexágono rojo) permaneciendo en el nivel argumentativo 4. Según Ayuso (2000), los estudiantes pueden transitar entre modelos antes de afianzar su modelo explicativo, en este caso el paso del modelo mendeliano general hacia el mendeliano específico y el nivel argumentativo 4.

De este modo, el estudiante en el inicio de las actividades de la secuencia elaboró argumentos empleando solo uno o dos elementos. En el transcurso de los tres primeros momentos él pudo evaluar a través de las discusiones como los modelos de herencia genética explicaban los fenómenos tratados en clase y logró incorporar elementos cuando elaboraba sus argumentos, es decir, comenzó a tomar evidencias que respaldaban sus conclusiones y a vincular estos dos elementos a través de una justificación (Ruiz, Tamayo, & Marquez, 2015; Sardá & Sanmartí, 2000). Por ejemplo, al proponerle problemas sobre la herencia de caracteres adquiridos de Lamarck se apresuro a concluir que es imposible que los ratones salgan sin cola, pero se le dificultó encontrar justificaciones que respaldan dicha conclusión, formando argumentos poco elaborados (Tabla 22, intervención 3). A medida que se va desarrolló la secuencia didáctica y se abordaron otros modelos científicos de herencia que fueron propuestos en la historia del concepto, el estudiante encontró las justificaciones que le permitieron elaborar mejores argumentos que fortalecieron sus conclusiones (Tabla 22, instrumento final y figura 5).

En las explicaciones dadas en la fase de estructuración, el estudiante daba como ejemplo experiencias propias de su familia, debido a que sus ojos eran claros y sus padres tenían ojos café, sin embargo, sus abuelos sí tenían ojos claros, lo que le permitió al estudiante dar una respuesta a su caso. El trajo a colación este ejemplo mientras se intervenía el modelo mendeliano en la secuencia didáctica. Según Cardona y Tamayo (2009), es importante en la construcción de los argumentos de los estudiantes las experiencias para ejemplificar o tomar datos que refuercen sus conclusiones y puntos de vistas. No siempre dan ejemplos propios, sino también de casos que han conocido. Sarda y Sanmartí (2000) también encontraron que los estudiantes utilizaron muchos ejemplos de la vida cotidiana.

Otro aspecto que favoreció el cambio y el afianzamiento del modelo explicativo fueron las discusiones en grupos pequeños, de 5 a 7 estudiantes, como se aprecia en el siguiente ejemplo:

E13 (1:17) *“Bueno, aquí podemos ver que ese hijo es como un tapado de la madre hacia su, hacia el que él cree padre porque aquí podemos observar que él no es su verdadero padre, ósea, eso la mujer se lo metió con un tapado y aquí el hijo se está dando cuenta de que pues su madre si es verdadera pero su papá pues paila, lo pusieron a perder.”*

E33 (1:43) *“Yo digo que el hijo no es parte de ellos dos porque el padre no tiene los... ¿Cómo es que se dice? Los mismo...”*

E36 (1:58) *“No presenta los mismos genes del padre.”*

E33 (2:00) *“El hijo no presenta los mismos genes del padre porque... Se ven reflejado nada más el A y el B.”*

E01 (2:03) *“Yo iba a decir eso.”*

E13 (2:10) *“Ahí se ve el tapado que puede ser. O puede que simplemente las dos madres tengan la misma sangre y pues la mamá adoptiva tenga la misma sangre que su mamá verdadera.”*

E33 (2:20) *“No porque pille en esto se ve, no se ve reflejado el O.”*

En el ejemplo anterior se puede ver como en una discusión grupal entre varios estudiantes se construye los argumentos colectivamente. En el minuto 1:58 el E36 complementó la idea que traía el E33 y en el minuto 2:20 este mismo estudiante contradice el aporte del E13, solo por poner un par de ejemplos. Las discusiones grupales permiten que los estudiantes argumenten sobre sus posturas de los fenómenos estudiados y se complementen los elementos de la argumentación. La argumentación es principalmente una construcción colectiva o co-construcción (Erduran, Simon, & Osborne, 2004), donde los argumentos propios se complementan por los planteados por otros. Un estudiante puede dar la conclusión y otro estudiante del sub grupo puede plantear los datos o la justificación en su intervención. Esta evidencia está de acuerdo con la perspectiva de la cognición colaborativa. En este orden de ideas, se esperaría que los argumentos elaborados en grupos pequeños tengan mejores componentes que los elaborados de manera individual en intra argumentación (Heng, Surif, & Seng, 2014). Los autores concluyeron que el razonamiento colectivo influye fuertemente en el proceso de enseñanza - aprendizaje. En este orden de ideas, las discusiones grupales permiten que el estudiante construya argumentos mejor elaborados que los que los construye de manera individual permitiendo además, la discusión de sus planteamientos y el afianzamiento de sus modelos (Ruiz, Tamayo, & Marquez, 2015).

#### 6.4.2 Relación entre los niveles argumentativos y los modelos explicativos del E36

La tabla 23 y la figura 5 muestran los cambios que se produjeron en los modelos explicativos y los niveles argumentativos del E36 durante los nueve momentos de la investigación. Se puede evidenciar que el estudiante movió su modelo explicativo del mendeliano general hacia el mendeliano específico y se notó una tendencia a mejorar sus niveles argumentativos que pasaron del nivel dos hasta alcanzar el nivel 6, aunque en el momento final se ubicó en el nivel 4 (Tabla 23 y figura 5).

Tabla 23

*Ejemplos de respuestas del E36 donde se relacionan los modelos explicativos con los niveles argumentativos en nueve momentos de la investigación.*

Momento	Dato	Criterios	Modelo	Nivel
Instrumento inicial	Sí, porque puede que ellos no tuvieron los síntomas pero puede que tengan parte de esta célula y se le dejen a sus hijos.	16 13 12	Mendeliano general	2
Intervención 2	KJ (0:10) Pues yo digo que el experimento es un total fracaso. ¿Cómo puede ser posible que un ser de esos sea creado no más con huevo y espermatozoides? Pues sería ilógico.	12	Reproductivo	4
Episodio argumentativo	KJ (0:37) ¿Cómo hicieron para que en el video apareciera el homúnculo moviéndose?	17		
	KJ (0:44) Seguramente pudieron haberlo alterado metiéndole algún imán o algo.	18		



	KJ (1:01) ¿Y cómo hacer posible también que una criatura de estas, como dicen, se forme no más en diez días?			
	KJ (1:28) Es un huevo que no está empollado por un gallo, ¿Cierto? Puede que es huevo normalito que no crece más. ¿Y cómo va a ser posible que al inyectarle semen salga una criatura de estas?			
	KJ (1:54) ¿Y cómo es posible que una criatura se haga en tan solo diez días? Sabiendo que cualquier especie o cualquier criatura se demora meses, incluso un ser humano se demora nueve meses en reproducirse.			
	No, porque en los genes nace su cuerpo			
Intervención 3	completo, en que su mamá se haya roto las	11	Mendeliano	
Actividad 1	orejas no altera los genes, ya es decisión después de los padres si le quieren romper las orejas.	12	general	4
Intervención 4	La teoría mezcladora reduce y homogeniza el color de cabello porque esta teoría hace que los		Mendeliano	
Actividad 3	colores de pelo se mezclen predominando más que todo el cabello oscuro y todos tendríamos el mismo.	14	específico	4
Intervención 5	Yo creo que eso ya viene en los genes de cada	11	Mendeliano	
Actividad 1	uno, aunque algunos pueden sacar los tonos de	12	específico	4

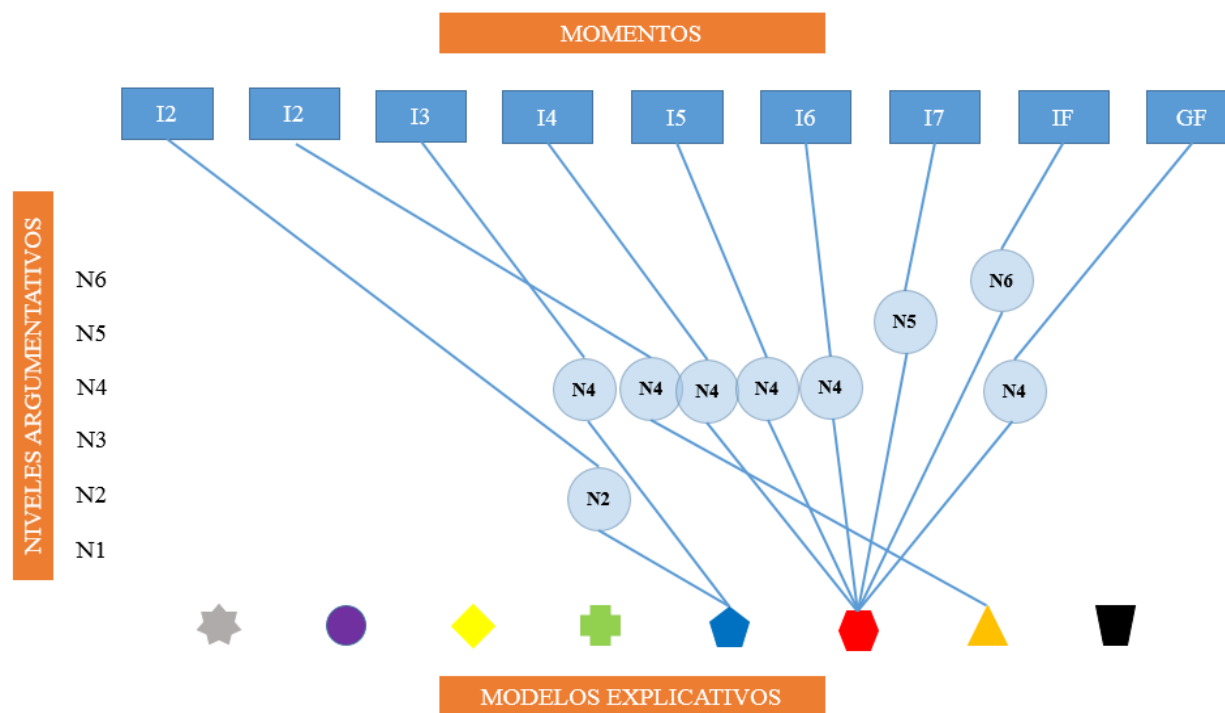
	los padres, o de nuestros antepasados, incluso	15		
	puede ser del país que vengamos.	16		
Intervención 7	KJ (0:37) Bueno yo digo que aquí como hicimos			
	las pruebas en el cuadro de Punnet nos salió			
	pues casi imposible de que el hijo sea de esta	14		
	pareja puede ser que el hijo sea con	15		
	descendencia de la madre pero el padre no, de			
	pronto pude ser del lechero o del vecino, pues la			
Episodio	madre y el hijo presentan O+ pero el padre	12	Mendeliano	5
argumentativo	presenta sangre AB+ y pues esto sería como		específico	
	imposible que generará este tipo de sangre O,			
	entonces está en mi opinión de la que yo creo	14		
	porque la esposa le montó los cachos man.	15		
	KJ (1:58) No presenta los mismos genes del	11		
	padre.			
	Pues yo creo en este árbol genealógico no	12		
	pueden tener hijos con ojos color claro porque			
	en las imágenes los abuelos tienen alelos	13		
Instrumento	dominantes, entonces los hijos también saldrían			
final	con ojos color oscuros, pero pensando bien	14	Mendeliano	6
Pregunta 1	puede que los abuelos sean Aa-Aa causando que		específico	
	cuando se escojan al azar tengan la posibilidad	15		
	de que se junten los alelos recesivos (aa)			
	saliendo los hijos con ojos de color claro aunque	16		

esta sería una posibilidad de oscuro 75% claro

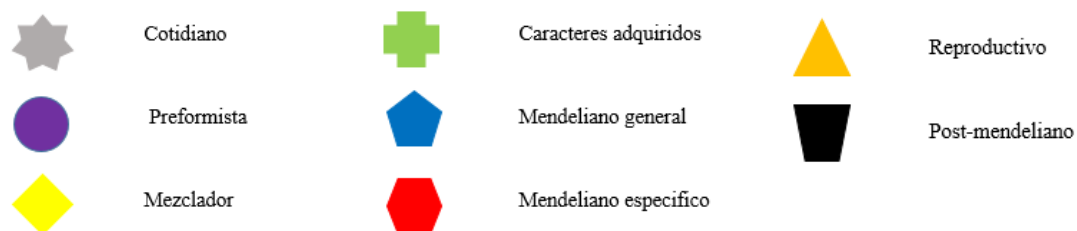
25%.

Grupo focal	KJ (8:59) Por eso, yo opino que los hijos de los muchachos que nacieron sanos en este momento ellos no están sufriendo la enfermedad...	16	Mendeliano	4
	KJ (9:09) No la están expresando, pero puede que ellos tengan la enfermedad pero la tengan dormida, entonces cuando ellos tengan los hijos	13		
Pregunta 4	puede haber una gran posibilidad de que esta enfermedad si se exprese en los hijos.	14	específico	
	KJ (9:35) Pero también del joven que sufre acondroplasia también puede ser que tenga hijos normales.	14		

Fuente: Elaboración de los autores.



**Figura 5:** Relación de los niveles argumentativos con los modelos explicativos de herencia genética en nueve momentos de la investigación en el E36. N: Nivel argumentativo, I1: Instrumento inicial, I2: Intervención, IF: Instrumento final, GF: Grupo focal.



Fuente: Elaboración de los autores.

El E36 en la intervención 1 (I1) construyó argumentos con nivel argumentativo 2 usando criterios del modelo mendeliano general. En la intervención 2 (I2) mejoró sus argumentos al emplear tres elementos de la argumentación y se mantuvo en este nivel hasta la intervención (I6). Mientras que después de la intervención 4 (I4) cambió al modelo mendeliano específico y se reafirmó en éste hasta el final de la investigación (Tabla 23). Respecto a los niveles argumentativos, en la intervención 7 (I7) aumentó gradualmente hasta el nivel 6 en el momento 8

correspondiente al instrumento final (IF), sin embargo, en el momento 9 correspondiente al grupo focal (GF) queda ubicado en el nivel 4 (Figura 5 y tabla 23).

En la figura 5 se puede observar que el estudiante transitó entre tres modelos explicativos y cuatro niveles argumentativos. El primer cambio en los niveles argumentativos se dio en la segunda intervención (I2) de la secuencia didáctica posiblemente debido a que el estudiante mejoró sus argumentos en el proceso dialéctico de los primeros episodios de discusión, los cuales le permitieron incluir evidencias que fortalecieron sus argumentos. Respecto al modelo se observó un cambio en la intervención 4 donde el estudiante se desprende del modelo mendeliano general y se afianza en el modelo mendeliano específico hasta el final de la investigación (Tabla 23 y Figura 5).

El desarrollo de la secuencia didáctica desde una perspectiva histórica y epistemológica de concepto permitió que los estudiantes evaluaran sus modelos explicativos iniciales y los contrastaran con las teorías propuestas en el desarrollo del concepto. Según Villa & Torres (2011) y Astudillo, Rivarosa, & Ortiz (2011) este tipo de abordaje de la enseñanza de los conceptos científicos facilita el aprendizaje y la argumentación, debido a que los modelos explicativos de los estudiantes son puestos a prueba cuando defienden o rechazan las diferentes teorías que se han formulado para explicar el fenómeno de la herencia genética. En el presente trabajo se evidenció que los estudiantes mejoraban sus argumentos cuando encontraban en la historia del concepto modelos y teorías que justificaban y respaldaban las ideas iniciales sobre herencia genética.

El cambio en los modelos explicativos se pudo dar debido a la mejora de los niveles argumentativos, es decir, al mejorar la forma de verbalizar y explicitar sus ideas en los episodios argumentativos el estudiante puso a prueba sus ideas, al evaluar sus modelos explicativos

iniciales del modelo mendeliano general con los modelos explicativos intervenidos en clase. Los modelos explicativos de los estudiantes fueron coevaluados en los episodios argumentativos, discutieron entre ellos sus modelos y terminaron por cambiar sus ideas afianzando el modelo mendeliano específico que permaneció hasta el último momento. La argumentación permitió que en la clase de ciencias los estudiantes sometieran a prueba sus constructos y permitió que se relacionen con los fenómenos naturales de herencia genética (Chamizo, 2010).

Así mismo, la secuencia didáctica implementada en clase presentó momentos argumentativos individuales antes de los episodios grupales, lo cual pudo haber mejorado la construcción de los argumentos del estudiante al tener la oportunidad de organizar las ideas antes de discutir y argumentar con sus compañeros (Dawson y Venville, 2010). Estos momentos de argumentación individual le permitieron al estudiante elaborar argumentos y evaluar las posibles excepciones y debilidades, lo cual explicó como el estudiante uso refutadores en el momento 8 correspondiente al instrumento final (IF) (García, 2016) (Tabla 23 y figura 5).

Dentro de este proceso de construcción de argumentos el estudiante evaluó su modelo al colocarlo en consideración en las discusiones con sus pares, los cuales son sujetos activos en este proceso, aportaron sus ideas y contribuyeron en este proceso de evaluación y encaje de los modelos explicativos del estudiante, es decir, que dentro del proceso argumentativo el estudiante determinó si su modelo encaja en el mundo real.



**Figura 6:** Ejemplo de respuesta en una actividad de modelización de la secuencia didáctica en la intervención 5 (Anexo 2) correspondiente al modelo mendeliano.

En la figura 6 se muestra el resultado de una de las actividades de modelización de la secuencia didáctica donde los estudiantes construyeron un organismo fantástico a partir de alelos al azar que se expresan en diez características. Además de representar sus características fenotípicas por medio de un dibujo, debieron suponer como eran sus hábitos. Esta actividad grupal permitió el afianzamiento del modelo mendeliano específico al apropiarse del lenguaje científico propio de este modelo como alelos, dominancia, recesividad, expresión, cromosomas sexuales, entre otros. Gilbert & Justi (2016), concluyen que se deben utilizar varios modos de representación no verbal para expresar los modelos explicativos de los estudiantes y que deben servir de herramienta para que el estudiante argumente con estos tipos de representación como un complemento de lo que él dice y escribe. Además, Aduriz-Bravo y Ariza (2012) referencian a Giere (2012) para referirse a la similitud de los modelos, lo cual es la cercanía

que tiene el modelo con la parte del mundo real que se quiere representar, la evolución de dicha cercanía del modelo con el mundo real se da través de la argumentación.

Ayuso (2000) manifiesta que el hecho que un estudiante resuelva un problema de genética no implica su comprensión, puede ser una solución mecánica aun manteniendo sus modelos explicativos no científicos. Las actividades argumentativas permiten explorar los modelos explicativos de los estudiantes escapando de las respuestas mecánicas o de “las que quiere oír el docente”, permite un acercamiento más preciso de lo que el estudiante tiene en su cabeza. Adicionalmente, los estudiantes no pueden construir buenos argumentos en genética a menos que tengan algo de conocimiento del contenido y puedan evaluar las diferentes posturas vistas en clase (Dawson & Venville, 2010; Gilbert & Justi, 2016).

En las actividades de discusión de la secuencia didáctica fue evidente que los estudiantes disfrutaron los momentos que se les permitió expresar sus argumentos y defender sus conclusiones, les gustó cuando pudieron discutir con otros estudiantes que tenían argumentos contrarios y algunos estudiantes trataban de avivar la polémica haciendo preguntas a sus compañeros para que extendieran sus ideas, algunas veces con mayor o menor acierto. Dawson y Venville (2010) resaltan que los estudiantes manifestaron que disfrutaron los episodios argumentativos, posiblemente debido a que no lo identificaron como parte una clase tradicional. Esta motivación adicional probablemente permitió el aprendizaje del concepto de herencia al tener a los estudiantes motivados en la participación de las intervenciones argumentativas, escuchar los argumentos de los otros estudiantes permitió la construcción de los argumentos y el movimiento en los modelos explicativos. Sin embargo, Dawson y Venville (2010) manifiestan que el factor facilitador del docente es importante para que estudiante aprenda a argumentar.



Para finalizar, la relación de la argumentación en el cambio de los modelos explicativos se pudo generar debido a diversos factores. Primero, las actividades de la secuencia didáctica estuvieron diseñadas para promover la argumentación sobre el concepto de herencia genética; segundo, las actividades de la secuencia didáctica tuvieron un enfoque histórico y epistemológico del concepto; tercero, la implementación de actividades de argumentación individual antes de las grupales; cuarto, la co-construcción de argumentos en las discusiones grupales; quinto, desarrollo de actividades de modelización en la secuencia didáctica.

## **7. Conclusiones**

En las siguientes conclusiones se pretende dar respuesta a los interrogantes planteados al inicio de la investigación y determinar si se alcanzaron los objetivos propuestos a partir de los resultados y la discusión.

Los niveles argumentativos iniciales de los estudiantes estuvieron ubicados principalmente en el nivel 2, lo cual demuestra que al principio de la investigación tenían argumentos con pocos elementos y poca relación entre ellos. Al final de la investigación, los estudiantes presentaron niveles argumentativos 4, incluso se reportaron estudiantes con niveles argumentativos 6 y 7, lo cual demuestra que elaboraron argumentos con mayor riqueza respecto a la estructura y a la relación entre los elementos de la argumentación.

Aplicar una secuencia didáctica con una perspectiva argumentativa permitió el cambio en los modelos explicativos, a medida que se va interviniendo cada uno de los modelos del concepto de herencia genética que ha transitado por la historia se pueden desarrollar actividades argumentativas que le permitan al estudiante mover sus modelos explicativos hacia los más cercanos a los modelos científicos, ampliar su vocabulario y mejorar su alfabetización científica.

El modelo explicativo principal más común identificado en los estudiantes en los instrumentos de modelos explicativos iniciales fue el modelo mendeliano general. En los momentos finales de la investigación los estudiantes manifestaron principalmente el modelo mendeliano específico. La ubicación de los modelos explicativos de herencia genética al inicio y al final de la investigación pudo demostrar que los estudiantes movieron sus modelos de herencia, con el consecuente aprendizaje del concepto.

Se estableció que el mejorar los niveles argumentativos en los estudiantes incide en el movimiento de los modelos explicativos de herencia genética. De igual forma, cuando el

estudiante aborda un mayor número de modelos explicativos presenta más elementos conceptuales que le permiten elaborar mejores argumentos. De esta manera, la relación entre modelos explicativos y los niveles argumentativos es recíproca, es decir, el estudiante mejora sus argumentos al presentar más recursos teóricos y de igual forma, cuando el estudiante aprende sobre el concepto tiene como elaborar mejores argumentos.

Al inicio de la investigación los argumentos construidos por los estudiantes presentaron principalmente dos elementos, justificación y conclusión. Después de la intervención didáctica, los elementos de la argumentación más comunes en las respuestas de los estudiantes fueron dato, justificación y conclusión.

Respecto a la relación de los elementos de la argumentación planteados en la rejilla, los indicadores de la fortaleza propuestos en este estudio ofrecen una herramienta más precisa para determinar dicha relación y de esta manera ubicar de manera objetiva los niveles argumentativos de los estudiantes.

Después de la aplicación de la secuencia didáctica se observó que los estudiantes aumentaron las respuestas con fortaleza alta entre los elementos de la argumentación, lo cual sugiere que no solo mejoraron su estructura argumentativa, sino también el uso de los contenidos aprendidos para mejorar sus argumentos.

El trabajo individual permitió que los estudiantes organizaran sus ideas y sentaran una posición que después manifestaban en las discusiones grupales. Lo anterior permitió que en los subgrupos se diera la coconstrucción de argumentos, en el momento en el que la participación de unos estudiantes complementaba los argumentos construidos por otros.

Las discusiones en pequeños subgrupos son efectivas en el orden que permiten la participación de todos los estudiantes en la expresión de sus argumentos. La poca participación

del docente en los episodios argumentativos permite que los estudiantes coconstruyan sus propios modelos explicativos por medio de la discusión de los diferentes argumentos que se pueden presentar en estos subgrupos.

Algunos modelos explicativos de herencia genética pertenecientes a la historia y epistemología del concepto, tales como: cotidiano, preformista, caracteres adquiridos y herencia mezcladora tuvieron poca representación en las respuestas de los estudiantes durante toda la investigación, lo cual sugiere que los estudiantes no los usan para dar explicaciones de los fenómenos hereditarios.

Al aplicar una metodología para identificar los modelos explicativos de herencia genética en los estudiantes a través de la asignación de criterios para cada modelo explicativo facilitó la ubicación de dichos modelos en las respuestas de los estudiantes.

La aplicación de la secuencia didáctica con actividades argumentativas propuestas en el presente trabajo permite la transformación de las prácticas de aula al convertir al docente en un dinamizador del proceso de enseñanza.

## 8. Recomendaciones

Se sugiere diseñar secuencias didácticas desde una perspectiva histórica y epistemológica del concepto para que el estudiante confronte y evalúe sus modelos iniciales con los vistos en clase y pueda transitar por dichos modelos hasta el más cercano al modelo didáctico del docente.

Se recomienda diseñar actividades para que los estudiantes discutan libremente en subgrupos pequeños y expresen sus argumentos con mayor vehemencia, así se permite la participación de todos los estudiantes sin el problema que se presenta en grupos más grandes, en los cuales solo participan los que mayor facilidad tienen para hablar en público.

Se recomienda a los docentes de ciencias tener claridad sobre los elementos que conforman un argumento, los diferentes modelos argumentativos y uso que se le debe dar a la argumentación en clase. Además, es fundamental que el docente tenga las herramientas necesarias para evaluar la calidad de los argumentos en sus estudiantes. En otras palabras, el docente debe saber identificar buenos argumentos y enseñar como elaborar buenos argumentos para que sus estudiantes aprendan estas habilidades.

Es necesario enseñar al estudiante a argumentar en clase de ciencias debido a que es la forma en que se construye el conocimiento científico. Igualmente, se debe enseñar al estudiante sobre la estructura y el uso de la argumentación como parte del desarrollo sociocientífico. Así mismo, centrar parte de la enseñanza de las destrezas y habilidades argumentativas a formar refutadores y contra-argumentos, a evaluar la validez y la fuerza de estos, tanto en uno como en los demás.

Se recomienda diseñar secuencias didácticas que incluyan actividades que generen discusión sobre problemas y momentos que incentiven la participación activa de los estudiantes

manifestando sus argumentos en su contexto. Dichos momentos deben estar diseñados de manera transversal en las clases y no solo al final de las secuencias didácticas.

Por último, se sugiere implementar la metodología propuesta en éste estudio sobre el uso de los criterios para ubicar los modelos explicativos, así como la fortaleza de la relación entre los elementos de la argumentación en futuros estudios para confrontar la eficacia de dicha metodología.

## 9. Bibliografía

- Abreu, V., Castello, K., & Vianna, J. (2011). "Pajitex": una propuesta de modelo didáctico para la enseñanza de ácidos nucleicos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 8(1), 115-124.
- Adúriz-Bravo, A., & Ariza, Y. (2012). Qué son los modelos científicos: introduciendo la escuela semanticista en la didáctica de las ciencias naturales. En A. Adúriz-Bravo, & Y. Ariza, *Memorias de III congreso internacional y VII nacional de investigación en educación, pedagogía y formación docente* (págs. 1134-1150). Bogotá.
- Aduríz-Bravo, A., & Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electronica de Investigación en Educación en Ciencias*(Especial 1), 40-49.
- Ageitos, N., & Puig, B. (2016). Modelizar la expresión de los genes para el apredizaje de enfermedades genéticas en secundaria. *Revista Ensaio*.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172016180104>
- Ageitos, N., Puig, B., & Calvo-Peña, X. (2017). Trabajar genética y enfermedades en secundaria integrando la modelización y la argumentación científica. *Revista Eureka*, 14(1), 86-97.
- Astudillo, C., Rivarosa, A., & Ortiz, F. (2011). Formas de pensar la enseñanza en ciencias. Un análisis de secuencias didacticas. *Revista electronica de enseñanza de las ciencias*, 10(3), 567-586.
- Ayuso, E. (2000). *La enseñanza de la herencia biológica y la evolución de los seres vivos: fundamentación, planificación, aplicación y evaluación de una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatorio*. Murcia: Universidad de Murcia.

- Ayuso, G., & Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en la educación secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 20(1), 133-157.
- Benitez, R. (2013). *La enseñanza de la genética en el grado noveno de básica secundaria: una propuesta didáctica a la luz del constructivismo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Caballero, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las ciencias*, 26(2), 227-244.
- Cardona, D., & Tamayo, O. (2009). Modelos de argumentación en ciencias: una aplicación a la genética. *Rev. latinoam. cienc. soc. niñez, juv.*, 7(2), 1545-1571.
- Chamizo, J. A. (2007). Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 25(1), 133-146.
- Chamizo, J. A. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cient.*, 7(1), 26-41.
- Cordero, E. (2004). Biología y medicina. Una aproximación histórica (1ra. de dos partes). *Rev. Fac Med UNAM*, 47(4), 166-168.
- Curtis, S., & Barnes, M. (2007). *Biología*. Buenos Aires: Panamericana.
- Dawson, V., & Venville, G. (2010). Teaching strategies for developing students's argumentation skills about socioscientific issues in high school genetics. *Research in Science Education*, 40, 133-148.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classroom. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Calí: Universidad del Valle.



- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933.
- Galagovsky, L., & Adúris-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las ciencias*, 19(2), 231-242.
- García, G. (2016). *Aprendizaje basado en problemas y argumentación, herramientas para promover cambios en los modelos explicativos sobre el infarto agudo del miocardio*. Pereira: Universidad tecnológica de Pereira.
- Giere, R. (1992). *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México, D. F. : Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Gilbert, J., & Justi, R. (2016). Chapter 6: The role of argumentation in modelling- based teaching. En J. y. Gilbert, *Modelling- based teaching in science education* (págs. 97-120). Suiza: Springer.
- Golan-Duncan, R., & Raiser, B. (2007). Reasoning across ontologically distinct levels: students' understandings of molecular genetics. *Journal of research in science teaching*, 44(7), 938-959.
- González, M. (2014). *Enseñanza-aprendizaje del concepto de herencia en estudiantes de básica secundaria rural*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Heng, L. L., Surif, J., & Seng, C. H. (2014). Individual versus group argumentation: student's performance in a Malaysian context. *International education studies*, 7(7), 109-124.

- Iñiguez, F. (2005). *La enseñanza de la genética: una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista*. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Iñiguez, F., & Puigcerver. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la educación secundaria. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación científica*, 10(3), 307-327.
- Iñiguez, F., & Puigcerver, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la educación secundaria. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 307-327.
- Jiménez Aleixandre, M. d. (2010). *competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: GRAÓ.
- Jimenez Aleixandre, M. d., & Puig, B. (2010). Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: el caso de la inteligencia. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*(63), 11-18.
- Jimenez Alexandre, M. P., & Diaz de Bustamante, J. (2003). Discurso del aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las ciencias*, 21(3), 359-370.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(2), 173-184.
- Lessa, E. (1996). Darwin versus Lamarck. *Cuadernos de marcha*(116), 58-64.
- Lopez, A., Orrego, M., & Tamayo, O. (2016). Modelos explicativos y su relación con las concepciones alternativas de estudiantes universitarios sobre inmunología. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*(Número Extraordinario), 1049-1057.

- Marchisio, A., Devesa, H., Rosso, C., & Sica, F. (2012). *La evolución biológica, actualidad y debates*. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.
- Mella, O. (2000). *Grupos focales técnica de investigación cualitativa*. Santiago de Chile: CIDE.
- MEN. (2004). *Formar en ciencias: el desafío. Serie Guías núm. 7*. Bogota: Ministerio de Educación Nacional.
- Moreira, M. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(3), 37-57.
- Navas, L., Sampascual, G., & Santed, M. A. (2003). Predicción de las calificaciones de los estudiantes: la capacidad explicativa de la inteligencia general y de la motivación. *Rev. de Psicol. Gral. y Aplic.*, 225-237.
- Okuda, M., & Gomez-Restrepo, C. (2005). Métodos en investigación cualitativa: triangulación. *Revista colombiana de psiquiatría*, 34(1), 118-124.
- Pinzon, L. (2014). *Aportes de la argumentación en la constitución de pensamiento crítico en el dominio específico de la química*. Tesis de maestría, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- Quintanilla, M., Daza, S., & Merino, C. (2010). *Unidades didáctica en biología y educación ambiental*. Santiago de Chile: Grecia.
- Restrepo, J. D. (2017). Argumentación para un aprendizaje significativo crítico sobre el genoma humano en educación básica secundaria. *Bio-grafía. Escritos sobre biología y enseñanza.*, Edición extraordinaria, 700-710.
- Restrepo, J. D. (2017). Argumentación para una aprendizaje argumentativo crítico sobre genoma humano en educación básica secundaria. *Bio-grafía. Escritos sobre la biología y su enseñanza*, Edición extraordinaria, 700-710.

- Rodriguez, D., & Valdeoriola, J. (2009). *Metodología de la investigación*. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya. doi:PID\_00148555
- Rojas, W. (2016). *Modelos de argumentación en el aprendizaje de la transmisión del impulso nervioso*. Tesis de maestría, Universidad de Manizales, Manizales.
- Rueda, D. (2014). *Genética general teoría y problemas*. Sangolquí, Ecuador: ESPE-Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Ruiz, F. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Latinoam. Estud. Educ.*, 3(2), 41-60.
- Ruiz, F., Tamayo, O., & Márquez, C. (2012). Los episodios argumentativos y las preguntas, como indicadores de procesos argumentativos en ciencias. *EDUCyT, Extraordinario*, 229-244.
- Ruiz, F., Tamayo, O., & Marquez, C. (2012). Los episodios argumentativos y las preguntas, como indicadores de procesos argumentativos en ciencias. *Revista EDUCyT, Extraordinario*, 229-244.
- Ruiz, F., Tamayo, O., & Marquez, C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educação e Pesquisa*, 41(3), 629-646.
- Sandoval, C. (2002). *Investigación cualitativa*. Bogotá: ICFES.
- Sardá, A., & Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18(3), 405-422.
- Tamayo, O. (2011). La argumentación como constituyente del pensamiento crítico en niños. *Hallazgos*, 211 - 233.
- Toulmin, S. (2003). *Los usos de la argumentación*. Barcelona: Ediciones Península.





Villa, L., & Torres, M. (2011). Una propuesta para la enseñanza de herencia biológica desde un análisis histórico del concepto. *Revista EDUCyT*, 4, 116-122.






## 10. Anexos

### 10.1 Anexo 1: Instrumento inicial. Fuente: Elaboración de los autores

"Daría la mitad de lo que sé por la mitad de lo que ignoro." (René Descartes)

Lea atentamente y responda las siguientes preguntas de acuerdo a sus conocimientos.

PREGUNTAS	PREGUNTAS
 <p>1. observa la imagen y responde: ¿Qué características presentan los sujetos para determinar que son padres e hijos? ¿Cómo explicarías que esas características pasaron del padre al hijo?</p>	 <p>2. Si en la fecundación el nuevo ser recibe el óvulo de la madre y el espermatozoide del padre. Explique a cuál de los padres se parecerá más el individuo. Justifique.</p>
 <p>3. Una pareja de ojos color marrón tienen su primer hijo de ojos color verde. ¿Cómo explicarías que los padres le pasaron la característica ojos verdes al hijo si ninguno de ellos presenta esta característica?</p>	 <p>4. ¿Cuál es la razón por la cual los óvulos y los espermatozoides tienen la mitad de cromosomas que tiene una célula de cualquier parte del cuerpo?</p>

PREGUNTAS	PREGUNTAS
 <p>5. José es un científico y se encuentra realizando un experimento con ratones. Para iniciar su experimento les cortó la cola al ratón macho y a la hembra y los cruzó, con el fin de observar como son las crías. ¿Cómo crees que son las crías que resultaron del cruce de estos dos ratones a los que José les corto la cola? ¿Crees que las crías tendrán la cola larga, corta o puede haber individuos con ambas características? Explique (Tomado de Gonzalez, 2014).</p>	 <p>6. En la fotografía se ve una familia en la cual los padres presentan <b>acondroplasia</b> (un tipo de enanismo), sólo uno de cuatro hijos presenta la enfermedad. ¿Crees que es posible que los hijos sanos de este matrimonio puedan tener descendencia con <b>acondroplasia</b>? Justifique la respuesta.</p>
<p>7. Actualmente, los desarrollos tecnológicos permiten alterar, suplantarse o suprimir el núcleo de cualquier célula. La aplicación de esta técnica es muy utilizada por la industria agropecuaria. Para el siguiente caso hipotético se escogieron tres ovejas así:</p>  <p>Blanca. Aporta un óvulo sin núcleo.</p>  <p>Negra. Aporta el núcleo de una célula.</p>  <p>Marrón. Aporta el útero.</p> <p>¿Cómo crees que será el color de la oveja que se desarrolla después de este procedimiento? Justifica tu respuesta.</p>	<p>FUENTE IMÁGENES</p> <p><a href="https://mejorvendedor.files.wordpress.com/2014/09/will-smith-e-hijo.jpg?w=550&amp;h=378">https://mejorvendedor.files.wordpress.com/2014/09/will-smith-e-hijo.jpg?w=550&amp;h=378</a> (Will y Jaden Smith)</p> <p><a href="https://wikibiologialesma.wikispaces.com/Gen%C3%A9tica+Animal">https://wikibiologialesma.wikispaces.com/Gen%C3%A9tica+Animal</a> (Ovejas)</p> <p><a href="http://www.definicionabc.com/wp-content/uploads/2014/07/Acondroplasia.jpg">http://www.definicionabc.com/wp-content/uploads/2014/07/Acondroplasia.jpg</a> (acondroplasia)</p> <p><a href="http://www.bestdoctorsblog.com/es/enfermedad-y-herencia-genetica/">http://www.bestdoctorsblog.com/es/enfermedad-y-herencia-genetica/</a> (Herencia familia)</p> <p><a href="http://contenido.com.mx/2015/01/imaginas-de-que-color-seran-los-ojos-de-tus-hijos/">http://contenido.com.mx/2015/01/imaginas-de-que-color-seran-los-ojos-de-tus-hijos/</a> (Ojos claros)</p> <p><a href="http://www.elperromorao.com/page/368/">http://www.elperromorao.com/page/368/</a> (Óvulo y espermatozoide)</p>

## 10.2 Anexo 2: Secuencia didáctica. Fuente: Elaboración de los autores

### Secuencia didáctica sobre el concepto de herencia genética

Juan Guillermo Cadavid Cifuentes

Jorge Mario Giraldo Gómez

Docentes de Ciencias Naturales

### Intervención 1. Contrato didáctico

#### Objetivos de la secuencia didáctica

- Promover el aprendizaje del concepto de herencia genética.
- Desarrollar competencias argumentativas en el concepto de herencia genética.
- Desarrollar el lenguaje científico del concepto de herencia en los estudiantes.
- Aplicar actividades que generen autorregulación.
- Aplicar los conocimientos teóricos en problemas contextualizados.

**Estándares que desarrolla:** Identifico aplicaciones de algunos conocimientos sobre la herencia y la reproducción al mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones.

**D.B.A. (matriz de referencia):** Comprender la función de la reproducción en la conservación de las especies y los mecanismos a través de los cuales se heredan algunas características y se modifican otras.

#### Hilos conductores

- ¿Es posible el desarrollo de un homúnculo?
- ¿Qué decía Lamarck de la herencia de caracteres adquiridos?

- ¿Darwin que pensaba sobre cómo se transmitían las características hereditarias de padres a hijos?

- ¿Quién fue Gregorio Mendel?

- ¿Qué experimentos desarrollo Mendel para determinar cómo se transmite la herencia biológica?

- ¿Qué determino Mendel por medio de sus experimentos (leyes de Mendel)?

- ¿Cuáles son las excepciones a las leyes de Mendel (principios postmendeliana)?

### **Metas de comprensión**

Los estudiantes desarrollarán comprensión acerca de:

- La relación de la meiosis con la herencia biológica.

- La teoría preformista planteada por Aristóteles, Hipócrates y los alquimistas del S. XVIII.

- La teoría mezcladora propuesta por Charles Darwin.

- Quien fue Gregorio Mendel y cuáles fueron sus aportes sobre la herencia biológica.

- Los modelos de herencia postmendelianas: herencia ligada al sexo, dominancia incompleta, codominancia, alelos múltiples y pleiotropia.

- La herencia de los tipos sanguíneos.

### **Desempeños de comprensión**

#### **De exploración:**

Se aplicara un instrumento (cuestionario) con el cual se ubicara cada estudiante en el modelo explicativo como parte de la identificación de los modelos explicativos iniciales.

Igualmente se retroalimentara los conocimientos sobre la meiosis y su implicación en la transmisión de la información hereditaria.



Después de ubicar los modelos explicativos hallados en el instrumento inicial, se determina cuales modelos se deben intervenir entre los siguientes: cotidiano, preformista, herencia mezcladora (Darwin), herencia de caracteres adquiridos (Lamarck), citológico, mendeliano (Mendel) y posmendeliano.

### **Reestructuración**

Se intervienen los modelos teniendo en cuenta la argumentación como parte del proceso que propicia el cambio en los modelos explicativos que lleva a los estudiantes desde los modelos cotidianos y precientíficos hacia los modelos científicos actuales, los cuales explican los mecanismos hereditarios en los seres vivos, por medio de videos, presentaciones, lecturas y análisis de estudios de caso.

### **Aplicación**

Se aplicaran actividades argumentativas que partirán de preguntas problematizadoras, las cuales se trabajaran de manera individual y grupal, fomentando la discusión como parte de la adquisición del conocimiento. Se utilizara estudios de caso, elaboración de modelos, recursos web, medios audiovisuales y análisis de textos.

### **Valoración continua**

#### **Quiénes:**

Docente de aula y estudiante

#### **Qué:**

#### **Cognitivo y procedimental ( ):**

- Comprensión histórica y epistemológica del concepto de herencia biológica.
- Comprensión de los conceptos de herencia mendeliana y postmendeliana.
- El uso de la argumentación en la clase de ciencias.

- Proyecto final de síntesis ( )

**Actitudinal ( ):**

- Disposición a las actividades de clase.
- Participación activa en el desarrollo de las clases.
- Puntualidad y cumplimiento.

**Autoevaluación ( ):**

- Diligenciamiento del formato institucional.
- Las actividades metacognitivas.

**Evaluación de final del periodo ( ):****Cómo:**

Secuencia didáctica con los siguientes elementos:

- Exploración de modelos explicativos iniciales.
- Reestructuración de ideas mediante actividades individuales y grupales que generen argumentación.
- Solución de problemas contextualizados.
- Análisis de elementos metacognitivos.
- Evaluación bimestral tipo prueba saber.
- Trabajo final (PFS) donde se aplique los conceptos aprendidos.
- Valoración actitudinal del trabajo realizado.
- Autoevaluación en el formato institucional.

**Evidencias de desempeño:**

- Aplica los conceptos fundamentales para explicar la herencia.

- Describe que las diferencias y similitudes entre los organismos son el resultado de la interacción de sus características genéticas y el medio al cual está sometido.
- Explica que las características de los organismos están determinadas genéticamente pero pueden ser modificadas por la influencia del ambiente.
- Reconoce que una célula de un organismo contiene las instrucciones genéticas que especifican sus características.

### **Intervención 2: ¿Cómo se forma un Homúnculo? (1 hora).**

#### **Obstáculos a superar**

- Desconocimiento de la función de los gametos en la herencia.
- Falta de análisis crítico a los problemas de herencia genética.
- Desconocimiento de los mecanismos que participan en la herencia genética.

#### **Objetivos**

- Identificar el modelo preformista como parte de la evolución histórica y epistemológica del concepto de herencia genética.
- Analizar de manera crítica hechos que implican la transmisión de información hereditaria de padres a hijos.

#### **Actividad 1. Explorando el concepto de homúnculo (10 min)**

1. Analice detenidamente las siguientes imágenes y escriba al lado de cada una si usted cree que es cierto o posible. Justifique su respuesta.



a.

---

---

---

---

---

---

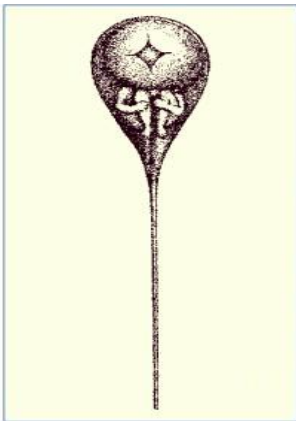
---

---

---

---

Fig. 1 Creación de humano pequeño por un alquimista.



b.

---

---

---

---

---

---

---

---

Fig. 2: Espermatozoide.

<http://timerime.com/es/evento/2999329/Teora+del+Preformismo/>



- c. \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

Fig. 3: Ovulo.

<http://www.bdigital.unal.edu.co/8756/1/186425.2012.pdf>

## Actividad 2. ¿Es cierto todo lo que dicen en Internet? El caso de la creación de un homúnculo (20 min).

Observe el siguiente video “La repugnante creación de un homúnculo por youtuber ruso” y responda las siguientes preguntas:

<https://www.youtube.com/watch?v=OxWcaE93ROs>

- a. Describe con tus palabras cuáles fueron los materiales y el procedimiento que utilizó el youtuber para hacer el experimento.
- b. ¿Qué se quería demostrar con el video?
- c. ¿Cuál fue el resultado?
- d. Si usted quisiera convencer a alguien de la falsedad o veracidad del video ¿Qué le diría para defender su idea?

**Actividad 3. ¿El homúnculo se forma en el ovulo o en el espermatozoide? (20 min).**

El preformismo manifiesta que en el interior de las células sexuales ya está un homrecito preformado, llamado **homúnculo**, el cual después de la fecundación solo debe crecer y desarrollarse. Algunos científicos pretenden defender el hecho que el homúnculo se desarrolla en el espermatozoide y que después de la fecundación este se desarrolla en el ovulo, a esta última idea se le llama animaculismo. Otros científicos defienden la idea de que el homúnculo se encuentra en el ovulo sin fecundar de la mujer y que el espermatozoide solo le da la “chispa” para comenzar a crecer y desarrollarse, a estos últimos se les llama ovistas (Pierce, 2010).

- a. El docente divide al azar el grupo en tres subgrupos y les da a cada uno el rol de defender una de las tres ideas siguientes:
  - El primer grupo defenderá la propuesta que el homúnculo se encuentra en el espermatozoide (teoría animaculista).
  - El segundo grupo defenderá la idea que el homúnculo se encuentra en el ovulo (teoría ovista).
  - El tercer grupo de estudiantes defenderá la idea que la teoría preformista es falsa.
  - Los subgrupos de estudiantes tendrán diez minutos para exponer sus ideas y argumentos y llegar a un acuerdo. Cada subgrupo elige a dos representantes que explicarán porque su posición es la correcta. El docente motiva la discusión.Finalmente se deberá llegar a una conclusión grupal.

**Actividad 4. Responda las siguientes preguntas de reflexión para el aprendizaje. (10 min).**

- a. ¿Qué dificultades tuvo en el desarrollo de las actividades?

- b. ¿Qué conceptos nuevos ha aprendido?
- c. ¿Cómo ha aprendido esos nuevos conceptos?
- d. ¿Cuáles conceptos no le quedan claros?
- e. ¿Por qué cree que se le dificulta entender los conceptos que no le quedan claros?
- f. ¿Qué acciones debo de realizar para mejorar mi comprensión acerca del tema?

**Intervención 3: ¿Mis hijos heredaran los cambios durante mi vida? (1 hora 40 min).**

**Obstáculos a superar**

- Considerar que las características adquiridas en el transcurso de la vida de un organismo son heredables a la progenie.
- Considerar que los cambios que ocurren en las células somáticas afectan a los gametos.
- Dificultad para entender cómo funcionan los mecanismos de la herencia genética.

**Objetivos**

- Identificar el modelo herencia de caracteres adquiridos como parte de la evolución histórica y epistemológica del concepto de herencia genética.
- Establecer los obstáculos que evidencia el modelo de caracteres de adquiridos y el por qué perdió validez.
- Analizar estudios de caso sobre cambios físicos y etológicos en organismos y su implicación para la herencia genética.

**Actividad 1: Exploración. Analicemos si heredamos las características adquiridas de nuestros padres (30 min).**

Los estudiantes deberán analizar de manera individual los siguientes casos y responder.

a. En nuestra cultura las niñas, desde muy pequeñas, se les hace orificios en las orejas para llevar adornos en forma de aritos o pendientes. Cuando estas niñas crecen y son mamás ¿Usted cree que es posible que sus hijas nazcan ya con los orificios en las orejas? Argumente su respuesta.

---

---

---

---

---

---

---

b. En un pueblo vive un pianista excelente, quien desde muy joven comenzó a practicar mucho para volverse el mejor. El señor tiene tres hijos pequeños ¿Usted cree que los hijos de este pianista también serán excelente músicos como su padre? Argumente su respuesta.

---

---

---

---

---

---

---

c. Si uno de los hijos del pianista, por error fue cambiado en el hospital y crece con una familia de ingenieros ¿Tendrá las mismas posibilidades de convertirse en un excelente músico?



---

---

---

---

---

---

---

d. José es un científico y se encuentra realizando un experimento con ratones. Para iniciar su experimento les cortó la cola al ratón macho y a la hembra y los cruzó, con el fin de observar como son las crías. ¿Cómo crees que son las crías que resultaron del cruce de estos dos ratones a los que José les corto la cola? ¿Crees que las crías tendrán la cola larga, corta o puede haber individuos con ambas características? (Gonzalez, 2014).

Lea detenidamente las siguientes dos respuestas respecto al caso de los ratones:

1. Probablemente las crías de los ratones sin cola, nazcan también sin cola por dos simples razones que son:

- Por la herencia de los padres que se les corto la cola.
- Por la información genética en los cromosomas de los ratones que les cortaron la cola.

2. Para mí las crías son normales porque el perder la cola no afecta el cruce.

Las crías saldrían normales porque la pérdida de la cola no afecta los genes.

¿Con cuál de las dos respuestas está de acuerdo? Argumente.

---

---

---

---

---

**Actividad 2: Estructuración. La Herencia de Caracteres Adquiridos propuesta por Lamarck (30 min).**

El docente explica la teoría de la herencia de caracteres adquiridos propuesta por Lamarck por medio de unas diapositivas. Posteriormente el estudiante responde lo siguiente:

- a. ¿Cómo explicaría Lamarck el caso del cruce de los ratones sin cola?

---

---

---

---

---

- b. ¿Está usted de acuerdo con la explicación de Lamarck sobre el caso de los ratones con cola o sin cola? Argumente su respuesta.

---

---

---

---

---

- c. ¿Cómo explicaría Lamarck el caso del pianista excelente y sus hijos?

---

---

---



---



---

d. ¿Está usted de acuerdo con la explicación que le daría Lamarck al caso del pianista excelente y sus hijos? Argumente su respuesta.

---



---



---







---



---

**Actividad 3: Aplicación. El caso de los ratones con cola y sin cola (20 min).**

El docente presenta la siguiente imagen. Se les explica a los estudiantes que los ratones se escaparon de un laboratorio donde les cortaron la cola totalmente a tres de ellos. Después se les propone a los estudiantes los siguientes cruces:

 <p>Ratón sin cola</p>	<p><b>X</b></p>	 <p>Ratón sin cola</p>
 <p>Ratón con cola</p>	<p><b>X</b></p>	 <p>Ratón sin cola</p>

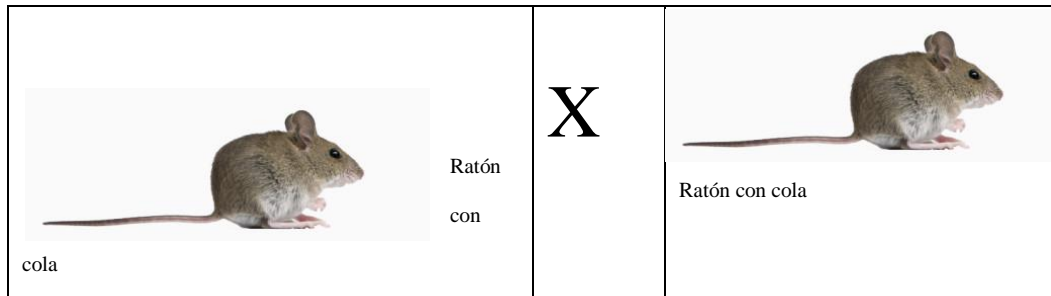


Imagen adaptada de: <http://www.pestcontrolmadrid.com/eliminacion-de-plagas-ratas-y-ratones/>

Se distribuye a los estudiantes en grupos de cinco para que discutan como sería la cola de las crías si cada cruce tiene tres descendientes, esta actividad será grabada en audio. Deben entregar al profesor en una hoja las respuestas de cada cruce. A continuación, cada grupo escoge a un representante para que se reúna con los demás representantes y argumenten sobre sus respuestas, esta actividad será grabada en audio. Se motiva la discusión con todo el grupo después de la intervención de cada representante.

**Actividad 4. Responda las siguientes preguntas de reflexión para el aprendizaje (20 min).**

- a. ¿Qué dificultades tuvo en el desarrollo de las actividades?
- b. ¿Qué destrezas y habilidad utilizo en el desarrollo de las actividades?

Plantear y comprobar hipótesis, argumentar, observar, analizar, manejar información, comunicar ideas, hacer analogías, trabajar en equipo, escuchar al otro, aceptar las posiciones ajenas, relacionar conocimientos nuevos con otros conocimientos, entre otras.

- c. ¿Qué estrategia emplearía para mejorar su aprendizaje?
- d. ¿Qué concepto nuevos ha aprendido y como cree que los aprendió?
- e. ¿Qué conceptos no le quedan claros y por qué cree que se le dificulta entenderlos?

**Intervención 4: ¿Son nuestras características el resultado de la mezcla de otras características? Herencia mezcladora**

**Obstáculos a superar**

- Creer que las características hereditarias se pueden mezclar como lo hacen dos tintas de color diferente para formar uno nuevo.
- No se reconoce la parte estructural de los genes, es decir, la conformación diploide de la información hereditaria.
- No se tiene en cuenta características dominantes y recesivas.
- Dificultad para entender cómo funcionan los mecanismos de la herencia genética.
- Falta de análisis crítico a los problemas de herencia genética.

**Objetivos**

- Identificar el modelo de herencia mezcladora como parte de la evolución histórica y epistemológica del concepto de herencia genética.
- Analizar de manera crítica hechos que implican la transmisión de información hereditaria de padres a hijos.

**Actividad 1. Exploración. La familia mostacho.**

Observa el siguiente video <https://www.youtube.com/watch?v=siKaf50p1Zg> y contesta las siguientes preguntas de manera individual:

- a. Describa como se dio la herencia del bigote en la familia mostacho.
- b. Plantee un ejemplo de una característica que se herede como el bigote del video de la familia mostacho.
- c. Argumente el funcionamiento de los mecanismos biológicos de este tipo de herencia.

En los grupos de trabajo socializan las respuestas de cada uno y escriben el argumento producto de la socialización de grupo.

## Actividad 2. Estructuración. La teoría de la herencia mezcladora de Darwin.

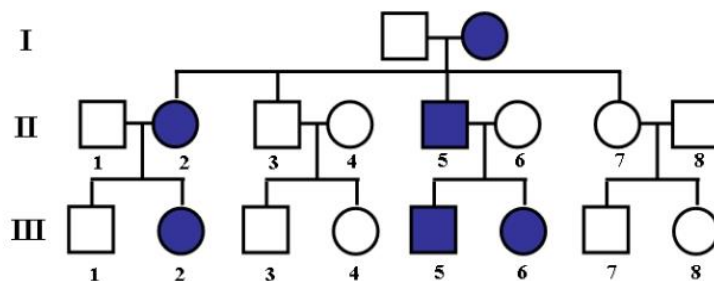
Se presentara por medio de diapositivas la teoría defendida por Darwin sobre herencia mezcladora.

- ¿Es coherente o es suficiente la teoría de la herencia mezcladora representada por Darwin para explicar cómo se transmiten las características de padres a hijos?
- Enumere las fortalezas y debilidades de esta teoría.
- Elabore tres conclusiones a partir de la actividad realizada.

## Actividad 3. ¿Pueden ser nuestras características el resultado de una mezcla?

En grupos de estudiantes construye un esquema (pedigrí) a lápiz y colores ejemplificando el problema planteado a continuación:

El pedigrí es una forma gráfica de representar la descendencia de una familia, en este los machos se representan con cuadrado y las hembras con círculo.



Susana de cabello negro se casó con Matías de cabello rojo y tiene tres hijos: Simón, Gabriela y Violeta. Sus tres hijos se casaron y tuvieron cada uno un hijo varón, Simón se casó con (Lucía) de cabello rubio, Gabriela con Pascual de cabello café y la hija menor (Violeta) con Jacobo de cabello negro.

Realice con plastilina en un octavo de cartulina el pedigrí del problema planteado anteriormente mezclando los colores de los progenitores de acuerdo a la teoría de herencia

mezcladora y siguiendo las instrucciones del docente. Se representará con plastilina la característica color del cabello, así: cabello rubio (plastilina amarilla), cabello negro (plastilina negra), cabello castaño (plastilina café), cabello rojo (plastilina roja).

Responde las siguientes preguntas y discútelas en grupo:

- a. ¿Cuál es el color de cabello de cada uno de los individuos del esquema? Argumente porque se presentan estos.
- b. ¿Podría salir algún descendiente con el color de cabello de Susana o Matías? Argumente su respuesta.
- c. ¿De qué color debe ser el cabello de los padres de Susana o Matías? Argumente tu respuesta.
- d. ¿La teoría de herencia mezcladora permite que existan variantes de colores de cabello en la población o por el contrario reduce y homogeniza el color del cabello? Argumente su respuesta.
- e. Según las respuestas anteriores, ¿Está usted de acuerdo con la teoría de la herencia mezcladora para la transmisión de caracteres hereditarios? Argumente su respuesta. (Este punto será registrado en audio).

**Actividad 4. Responda las siguientes preguntas de reflexión para el aprendizaje (20 min).**

- a. ¿Qué dificultades tuvo en el desarrollo de las actividades?
- b. ¿Qué destrezas y habilidad utilizo en el desarrollo de las actividades?

Plantear y comprobar hipótesis, argumentar, observar, analizar, manejar información, comunicar ideas, hacer analogías, trabajar en equipo, escuchar al otro, aceptar las posiciones ajenas, relacionar conocimientos nuevos con otros conocimientos, entre otras.

- c. ¿Qué estrategia emplearía para mejorar su aprendizaje?

- d. ¿Qué concepto nuevos ha aprendido y como cree que los aprendió?
- e. ¿Qué conceptos no le quedan claros y por qué cree que se le dificulta entenderlos?

**Intervención 5: ¿Por qué algunas características son más comunes? Modelo Mendeliano.**

**Contenido Conceptual:** Herencia Mendeliana

Tema: Genotipo y fenotipo. (Características genéticas)

**Contenido Actitudinal:** Reconoce y Explica de qué manera se transmiten las características de padres a hijos y como se expresa la información genética en los individuos.

**Contenido Procedimental:** Trabajo colaborativo, Elaborar diferentes organismos.

**Modelos explicativos iniciales:** Gametos, ADN y determinación del sexo.

**Destinatarios:** La secuencia didáctica está diseñada para estudiantes de grado noveno con edades entre 14 y 16 años.

**Obstáculos a Superar:**

- Falta de apropiación del lenguaje científico
- Los estudiantes no conocen a profundidad los mecanismos de transmisión hereditaria
- Los estudiantes asocian la dominancia y recesividad a factores socioculturales, es decir, el macho es dominante sobre la mujer.

**Objetivos:**

- Indagar y explorar los modelos explicativos iniciales de los estudiantes sobre la manera en que se transmiten rasgos y características de padres a hijos, así como la forma en que se pudo llegar a entender y volverse científico este concepto.
- Identificar diferentes formas de comunicación y representación de los estudiantes, así como sus motivaciones y asociaciones en su entorno.
- Identificar y aplicar las leyes de Mendel en la resolución de problemas



- Explicar de forma oral, escrita y por medio de esquemas los conceptos de genotipo, fenotipo, dominancia y recesividad.

**Actividad 1. ¿Qué conocimientos tiene de la transmisión de los caracteres hereditarios? (15 min).**

El docente inicia la actividad con una serie de preguntas, interrogantes y situaciones que generen interés y motivación en los estudiantes y por medio de las cuales pueda identificar los diferentes conceptos y obstáculos que tienen los estudiantes sobre el tema a desarrollar. Las preguntas iniciadoras serían las siguientes:

- a. ¿Cuál es la razón por la que nos parecemos a nuestros padres pero no somos iguales a ellos?
- b. ¿Por qué cree que en nuestra población encontramos características más comunes que otras? Por ejemplo los ojos de color oscuro son más comunes que los colores claros.
- c. ¿Que podría hacer si quisiera tener un hijo(a) que se pareciera mucho a usted? Argumente su respuesta.

Estas preguntas serán solucionadas en forma individual. A continuación se formaran grupos de cinco o seis estudiantes para socializar sus respuestas e iniciar una discusión moderada por el docente. Cada grupo debe entregar sus conclusiones después de la plenaria.

**Actividad 2. Estructuración. ¿Cómo ha cambiado el concepto de herencia biológica?**

Los estudiantes realizaran las actividades orientadoras con base en los primeros 19 minutos del video Genética y su Historia <https://www.youtube.com/watch?v=nZSn7znuuBk>.

- a. ¿Cómo explicaban nuestros antepasados la forma en que las características se pasan de una generación a otra?

- b. Enuncia las principales teorías de los siguientes científicos: Jean Baptiste Lamarck, Charles Darwin, Gregorio Mendel, Thomas Hunt Morgan, Oswald Avery, Rosalind Franklin, James Watson y Francis Crick,
- c. ¿En qué consiste el Eugenismo y cuáles son sus implicaciones?
- d. Realiza un mapa conceptual sobre la historia de la genética.

### **Actividad 3. Genética mendeliana y cuadros de Punnet**

Se presentara por medio de diapositivas la forma en que se expresa el genotipo según las leyes de la herencia de Mendel para determinar algunas características fenotípicas.

Resuelva de manera individual los siguientes ejercicios (tomado de Samacá, 2007):

#### **Cruces Monohibrido**

- a. El alelo R determina el color rojo de los peces comúnmente conocidos como bailarinas y domina sobre el r que determina el color amarillo. Realice el cruce de dos individuos rojos heterocigotos para obtener la F1. ¿Cuántos genotipos y fenotipos de obtienen? ¿En qué proporciones se encuentran estos fenotipos?
- b. En un cruce entre un conejo blanco homocigoto y una coneja heterocigoto de color marrón ¿Cómo será su descendencia y sus porcentajes?
- c. Si se cruzan dos plantas de tomate homocigóticas, una de fruto rojo dominante y otra de fruta amarillo recesivo, ¿Que proporciones fenotípicas y genotípicas se encuentran en la primera generación?

#### **Cruces Dihibrido**

- d. ¿Cuáles serían los fenotipos del cruce entre dos plantas de arveja genotípicamente heterocigotas para las características color y forma de la semilla? Tener en cuenta que el color amarillo es dominante sobre el verde y la forma lisa sobre la rugosa.

Color de semilla: Amarillo o Verde

Forma de semilla: Lisa o Rugosa

e. La rata doméstica es normalmente de pelaje marrón y bigote ralo (rasgos dominantes). En el laboratorio se han obtenido dos líneas puras, una de color blanco y bigote ralo y otro de color marrón y bigote espeso (el color blanco y el bigote espeso son características recesivas). Al cruzar las dos líneas la F1 fue genotipo normal. Calcule las proporciones genotípicas y fenotípicas en la F2. (Tomado de [www.cepamarm.es](http://www.cepamarm.es)).

#### **Actividad 4: Construyamos un organismo fantástico (1 h 45 min)**

Los grupos construirán un ser fantástico a partir de la información suministrada por el docente.

Para la construcción del organismo, primero se deben organizar subgrupos de trabajo. Cada grupo deberá escoger alelos al azar de 10 recipientes diferentes, cada recipiente representa una característica. Otra forma de realizar la actividad podría ser entregando un sobre a cada grupo con 10 genotipos determinados previamente por el docente. Las características del organismo son las siguientes:

- Color cuerpo: Café(A) – Negro(a)
- Ojos: Pequeño(B) – Grande(b)
- Patas: Largas(C) – Cortas(c)
- Garras: Garras(D) – Dedos(d)
- Pelaje: Plumas(E) – Desnudo(e)
- Orejas: Ausente(F) – Presente(f)
- Alas: Presente(G) – Ausente(g)
- Boca: Colmillos(H) – Pico(h)

- Cuello: Largo(I) – Corto(i)
- Sexo: XX – Xy
- a. Nombre su organismo y describa su genotipo y su fenotipo.
- b. Dibuje su organismo según sus características y describa que hábitos o habilidades podría tener.
- c. Seleccione gametos de su organismo e intercámbielos para realizar cruces con gametos de organismos de otros grupos. Describa los genotipos y fenotipos de estos descendientes.
- d. ¿Cuáles son las características más representativas o abundantes en la población de organismos fantásticos? Argumente su respuesta. (Registro de audio).
- e. Una pareja de ojos color café tienen algunos familiares con ojos color verde. ¿Usted cree que es posible que esta pareja pueda tener un hijo con ojos color verde? Argumente su respuesta. (Registro de audio con los líderes de grupo).

**Actividad 5. Responda las siguientes preguntas de reflexión para el aprendizaje (20 min).**

- a. ¿Qué dificultades tuvo en el desarrollo de las actividades?
- b. ¿Qué destrezas y habilidad utilizo en el desarrollo de las actividades?  
Plantear y comprobar hipótesis, argumentar, observar, analizar, manejar información, comunicar ideas, hacer analogías, trabajar en equipo, escuchar al otro, aceptar las posiciones ajenas, relacionar conocimientos nuevos con otros conocimientos, entre otras.
- c. ¿Qué estrategia emplearía para mejorar su aprendizaje?
- d. ¿Qué concepto nuevos ha aprendido y como cree que los aprendió?
- e. ¿Qué conceptos no le quedan claros y por qué cree que se le dificulta entenderlos?

**Intervención 6. ¿Quién lleva la información hereditaria? Modelo reproductivo**

**Obstáculos:**


- Falta de claridad en los alumnos sobre la estructura y función de los cromosomas.
- Los estudiantes no relacionan la estructura del material hereditario: genes, cromosomas, ADN y núcleo (Iñiguez y Puigcerver, 2001; Caballero, 2008).
- Los estudiantes no asocian la división celular meiótica con procesos hereditarios ni con la formación de células sexuales o gametos.
- Falta de análisis crítico a los problemas de herencia genética.

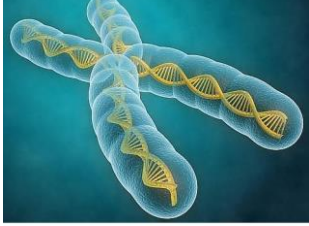
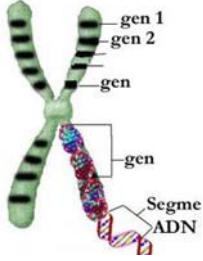
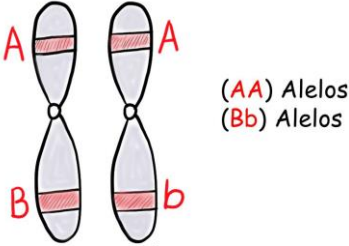

### **Objetivos:**

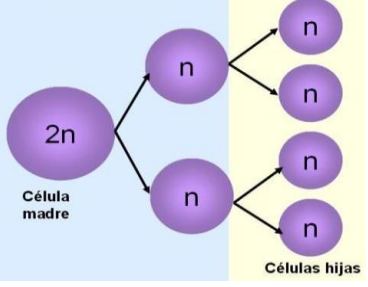
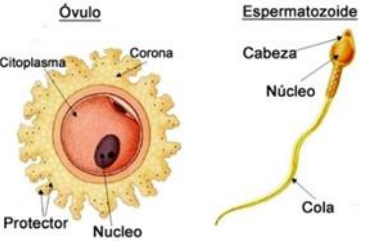
- Identificar el modelo citológico como parte de la evolución histórica y epistemológica del concepto de herencia genética.
- Analizar de manera crítica hechos que implican la transmisión de información hereditaria de padres a hijos.
- Explicar de forma oral y escrita los procesos que a nivel celular permiten la continuidad de la vida.
- Identificar las estructuras celulares que intervienen en el proceso de herencia.

### **Actividad 1: ¿Cuánto sabemos del núcleo celular?**

En grupos de estudiantes observe las siguientes imágenes, analicen, discutan y escriban el nombre del concepto relacionado con estas. En las líneas siguientes defina con sus palabras el concepto al que se hace relación.

	1.
---	----

<p><a href="https://www.jw.org/es/publicaciones/revistas/g201508/adn-de-las-celulas/">https://www.jw.org/es/publicaciones/revistas/g201508/adn-de-las-celulas/</a></p>	
 <p><a href="http://bioygeologia.weebly.com/adn-genes-y-cromosomas.html">http://bioygeologia.weebly.com/adn-genes-y-cromosomas.html</a></p>	2.
 <p><a href="http://biologiabasicatec83.blogspot.com.co/2013/03/relacion-de-cromosomas-genes-y-adn-en.html">http://biologiabasicatec83.blogspot.com.co/2013/03/relacion-de-cromosomas-genes-y-adn-en.html</a></p>	3.
 <p>Cromosomos Homólogos</p> <p><a href="http://cristinabareabiologia2trimestre.blogspot.com.co/2016/02/las-leyes-de-la-herencia.html">http://cristinabareabiologia2trimestre.blogspot.com.co/2016/02/las-leyes-de-la-herencia.html</a></p>	4.
 <p><a href="http://es.123rf.com/imagenes-de-archivo/nucleo_celular.html">http://es.123rf.com/imagenes-de-archivo/nucleo_celular.html</a></p>	5.

 <p>http://www.taringa.net/post/ciencia-educacion/12951594/Meiosis-metodo-facil-de-entenderla.html</p>	6.
 <p>http://www.pearltrees.com/smartirena/reproduccion-animales/id6701651/item62387520</p>	7.

## Actividad 2

Lea detenidamente los conceptos científicos relacionados con las imágenes. En las líneas siguientes a los conceptos científicos describa las diferencias y semejanzas con sus definiciones.

- a. **ADN: Ácido Desoxirribonucléico** Molécula localizada en el núcleo de la célula encargada de controlar todos los procesos de la vida de un organismo y además guardar su información hereditaria organizada en paquetes o unidades de información llamados genes.
- b. **Cromosoma:** Pequeños cuerpos en forma de bastoncillo en que se organiza el ADN del núcleo celular en la mitosis, cada uno de los cuales se divide longitudinalmente dando origen a dos cadenas gemelas iguales; su número es constante para cada especie determinada (en *Homo sapiens*, ósea el hombre, es de 23 pares de cromosomas, 22 pares de ellos son autosómicos y 1 par es sexual).

c. **Gen:** Es la unidad básica de herencia de los seres vivos. Desde el punto vista molecular, un gen es un fragmento lineal de la molécula de ADN, que contiene la información necesaria para la síntesis de las proteínas.

d. **Alelo:** Es una de las formas variantes de un gen en un locus (posición). Diferentes alelos de un gen producen variaciones en las características hereditarias tales como el color del cabello o el tipo de sangre. En genética mendeliana se representan con letras mayúsculas o minúsculas dependiendo si son dominantes o recesivos.

e. **Núcleo:** Estructura en la que se almacena la mayor parte de la información necesaria para la formación y desarrollo de un organismo (información genética). Entre sus funciones están regular y coordinar el adecuado funcionamiento de todos los componentes celulares.

f. **Meiosis:** Proceso por el cual, los organismos que se reproducen sexualmente dan origen a sus gametos o células sexuales, es decir, es la forma en que se producen óvulos en las hembras y espermatozoides en los machos por medio de una serie de divisiones y reorganizaciones del material hereditario almacenado en el núcleo.

g. **Gameto: (Célula sexual)** Es la célula reproductora masculina y femenina que se encarga de pasar la información hereditaria de padres a hijos. El gameto femenino se le denomina ovulo; el gameto masculino recibe el nombre de espermatozoide. Tiene un número de cromosomas haploide (n) debido a que los gametos son producidos por la división celular llamada meiosis que permite reducir el número de cromosomas a la mitad.

a. ADN: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



b. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

c. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

d. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

e. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

f. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

g. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Actividad 3: De acuerdo con la presentación en diapositivas realice las siguientes actividades a partir de este.**

Se realiza una presentación sobre la teoría cromosómica de la herencia y quienes la propusieron.

- a. Realice un mapa conceptual que resuma y explique el contenido de la presentación.
- b. Elabore un dibujo o grafica que muestre la relación entre célula, ADN, cromosomas y genes.

**Actividad 4: Modelización de célula, núcleo y cromosoma.**

En grupos de estudiantes, deberán realizar un modelo de una célula somática (diploide =  $2n=6$ ) y dos gametos (Haploide=  $n=3$ : óvulo y espermatozoide) representando la fecundación y utilizando las imágenes que están a continuación. Identifique, recorte, organice y modele la información presente en los puntos 1, 2 y 3.

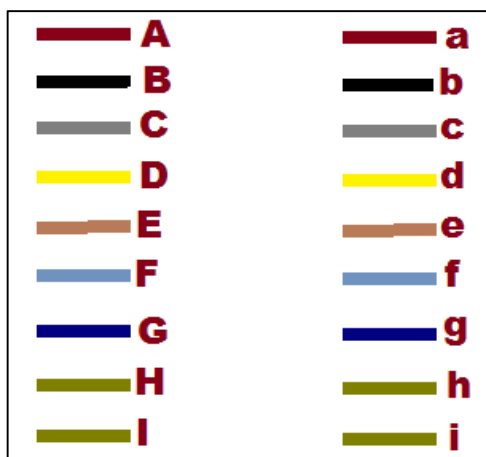
Asigne características a cada gen que emplea en su modelo. Pueden ser rasgos físicos o enfermedades.

1. Genes (características)
 

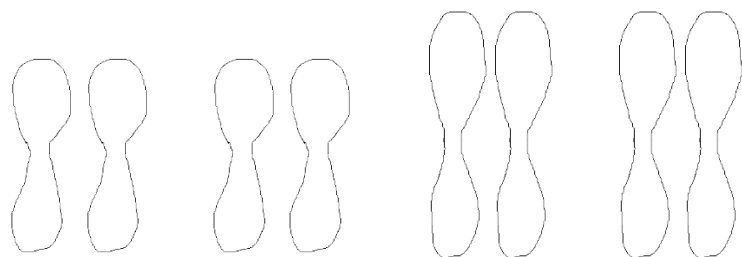
A. Lóbulo oreja libre	a. lóbulo oreja unido
B. Lengua enrollada.	b. lengua no enrollada
C. Mentón con hoyuelo.	c. Mentón sin hoyuelo
D. Mejilla sin hoyuelo.	d. Mejilla con hoyuelo
E. Cejas cercanas.	e. cejas alejadas
F. Ojos oscuros.	f. Ojos claros
G. Pigmentación de piel normal	g. Albinismo
H. Estatura normal.	h. Acondroplasia
I. Cabello normal.	i. Alopecia

**Alelos somáticos**

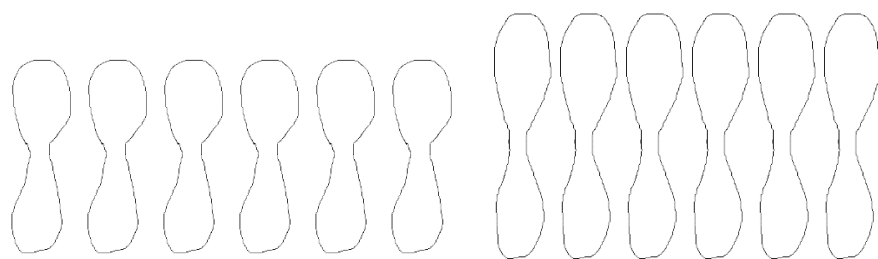
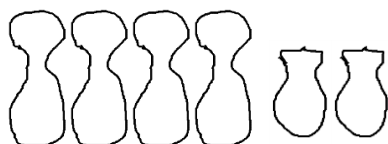
**Alelos sexuales**

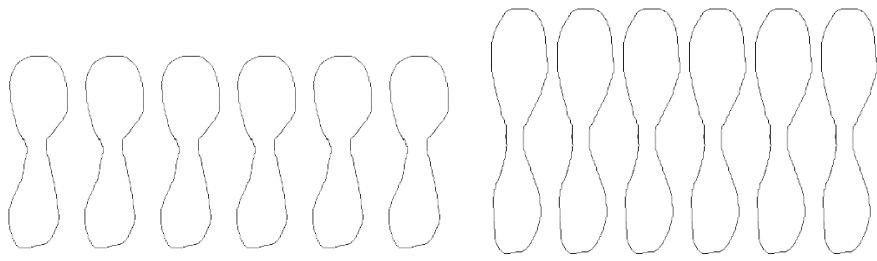
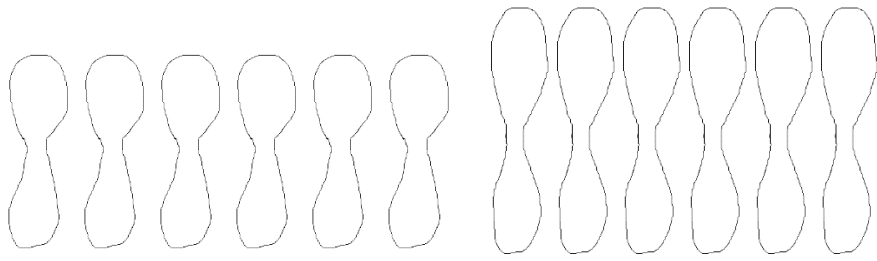
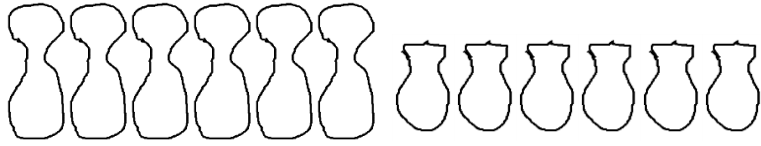


2. Autosomas:

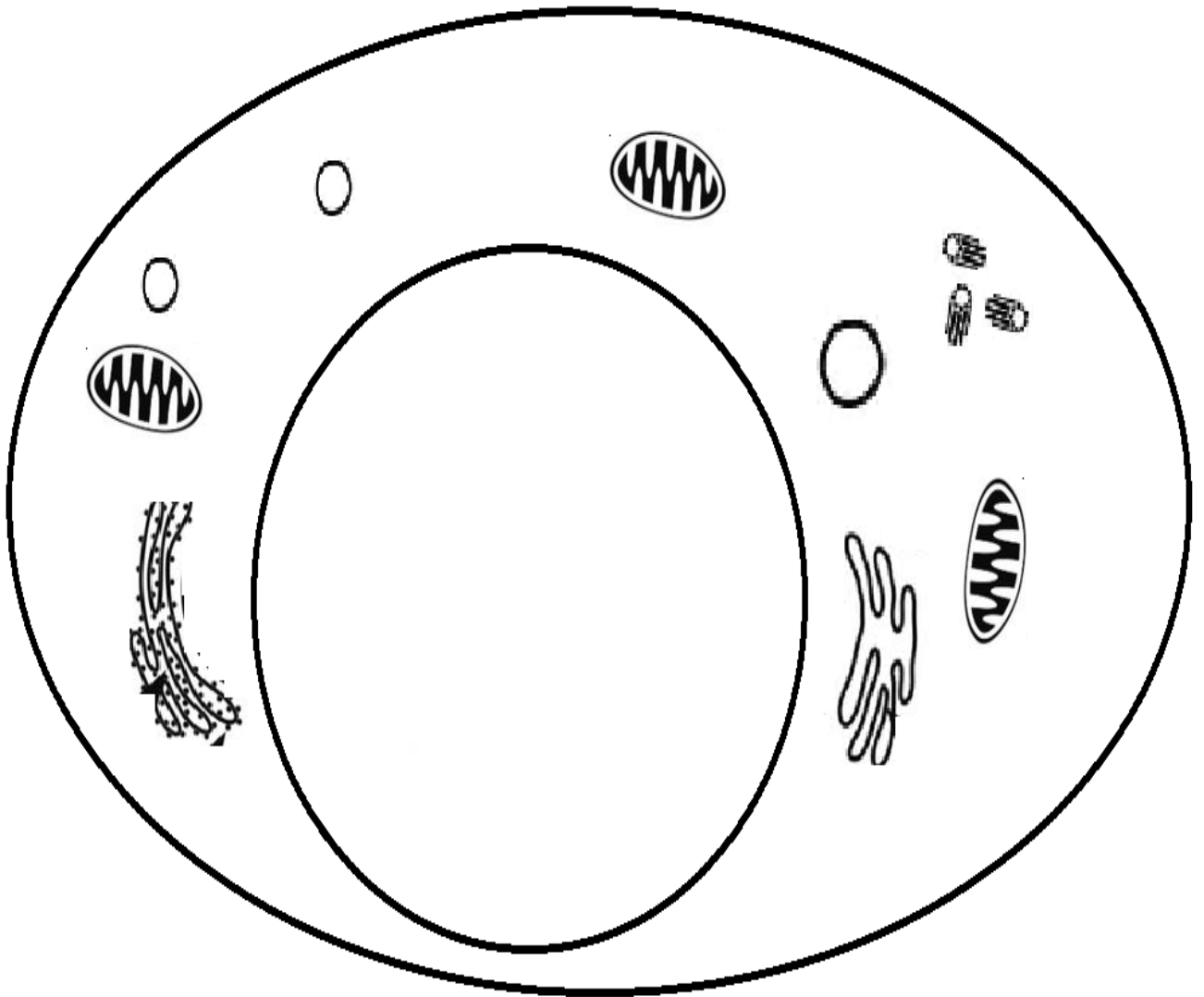


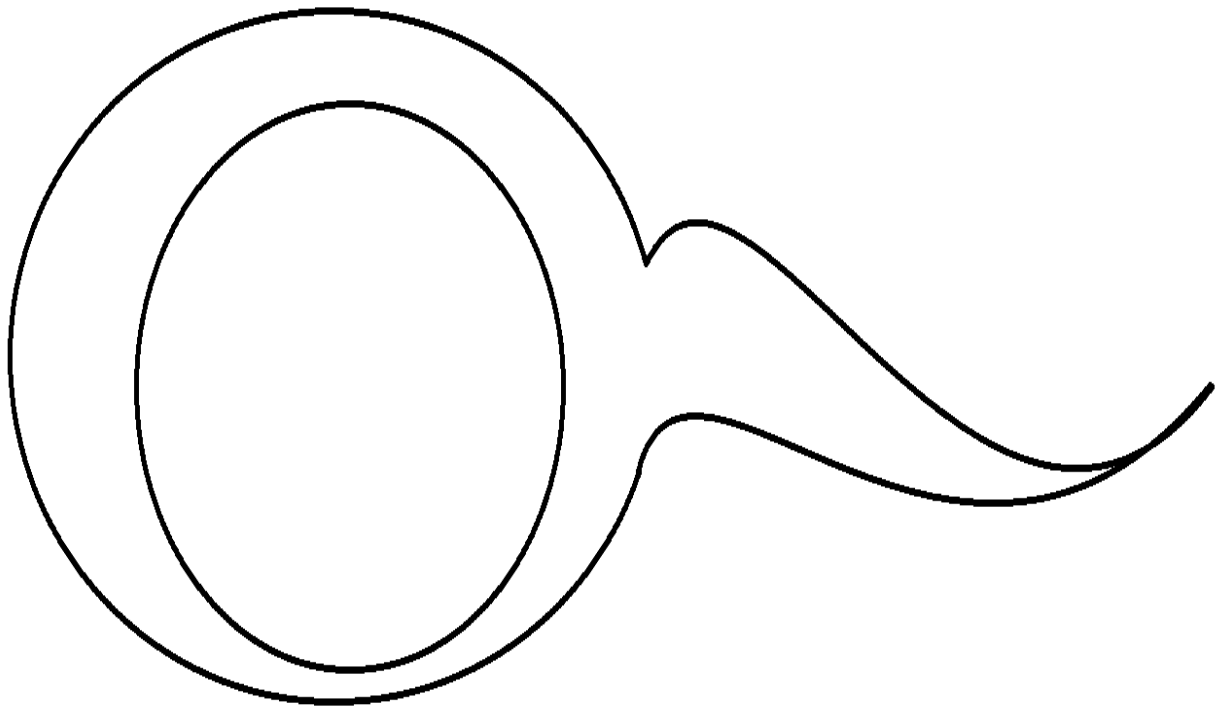
Cromosomas sexuales:

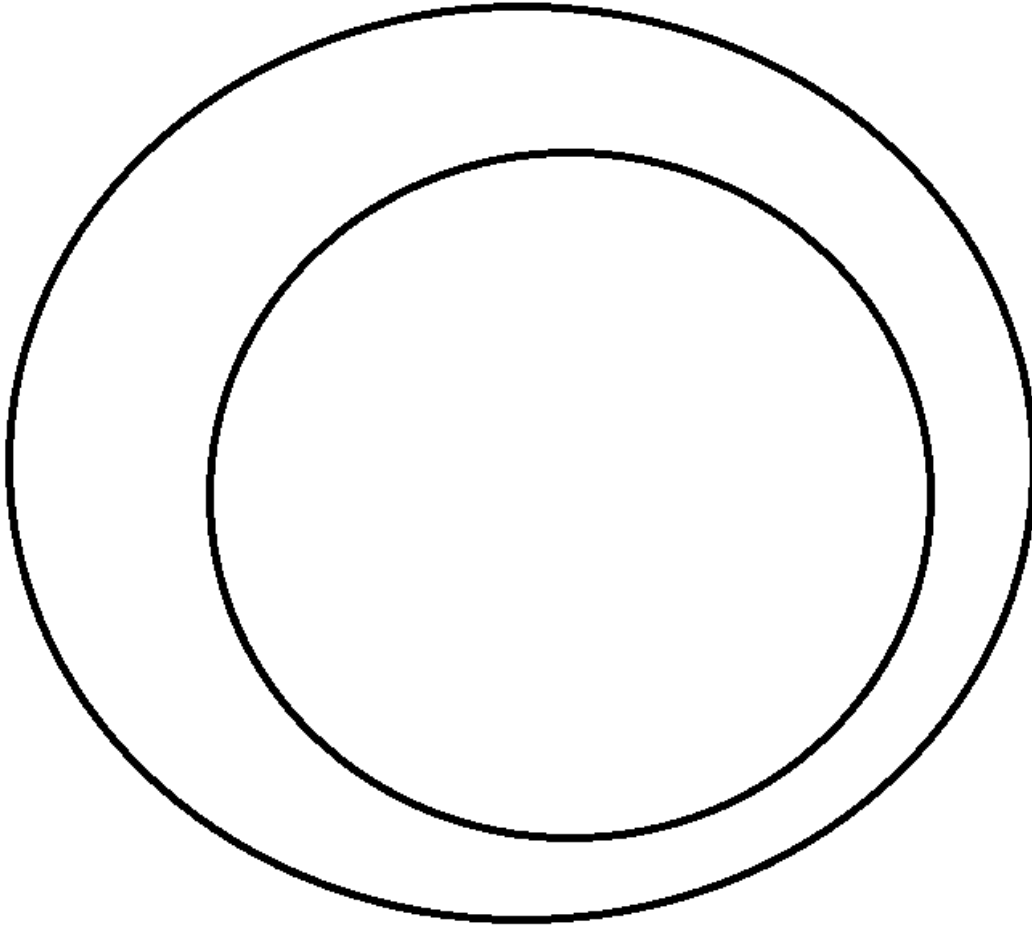




3.







**Actividad 5: En grupos deben discutir y solucionar las siguientes preguntas para debatir en plenaria con la moderación del docente:**

- a. Elabora una analogía o metáfora que simule o ejemplifique lo aprendido.
- b. Actualmente, los desarrollos tecnológicos permiten alterar, suplantarse o suprimir el núcleo de cualquier célula. La aplicación de esta técnica es muy utilizada por la industria agropecuaria.

Para el siguiente caso hipotético se escogieron tres ovejas así:



Blanca. Aporta un óvulo sin núcleo.



Negra. Aporta el núcleo de una célula.



Marrón. Aporta el útero.

¿Cómo crees que será el color de la oveja que se desarrolla después de este procedimiento?

Argumente su respuesta y (grabación de audio)

c. Si le dieran la oportunidad de construir un ser humano a partir de otro, ¿a qué persona escogería y por qué? ¿De qué parte específica del cuerpo de ese ser humano obtendría la información? Argumente su respuesta (grabación de audio).

**Actividad 6: En una plenaria cada grupo deberá escoger un representante y debatir las siguientes preguntas:**

- a. ¿Qué dificultades tuvo en el desarrollo del primer punto?
- b. ¿Qué conceptos nuevos ha aprendido?
- c. ¿Cómo ha aprendido esos nuevos conceptos?
- d. ¿Cree usted que se ha ampliado su conocimiento sobre conceptos básicos en genética?
- e. ¿Cuáles conceptos no le quedan claros?
- f. ¿Por qué cree que se le dificulta entender los conceptos que no le quedan claros?

**Intervención 7. ¿Cuáles casos hereditarios no son explicados por las leyes de Mendel?**

**Modelo posmendeliano(1 hora y 50 min)**

**Obstáculos a superar**



- Considerar que la única manera de explicar la herencia es la transmisión directa de caracteres.
- No conocer la influencia de otros factores hereditarios diferente a los de dominancia y recesividad.
- Dificultad de relacionar algunas enfermedades con los factores hereditarios.

### **Objetivos**

- Identificar las excepciones a las leyes de Mendel como un modelo que explica algunos fenómenos de herencia genética.
- Reconocer los mecanismos de la codominancia, dominancia incompleta, alelos múltiples y la herencia ligada al sexo.
- Analizar estudios de caso sobre herencia genética en la que se apliquen las excepciones a las leyes de Mendel.

### **Actividad 1. ¿Cómo explico la herencia de los tipos de sangre y de la hemofilia? (30 min)**

Analice los siguientes dos casos y responda las preguntas relacionadas con estas:

1. En un hospital nacieron cuatro bebés hijos de cuatro parejas diferentes. Por un error, los bebés fueron confundidos. Se sabe que los grupos sanguíneos de los bebés son: O, A, B, AB y los grupos de los padres son:

Primera pareja: padre O, madre O

Segunda pareja: padre AB, madre O

Tercera pareja: padre A, madre AB

Cuarta pareja: padre A, madre O

a. De acuerdo con la información, ¿Cuál bebé pertenece a cada una de las parejas? Explique cómo llega usted a esa conclusión.

---

---

---

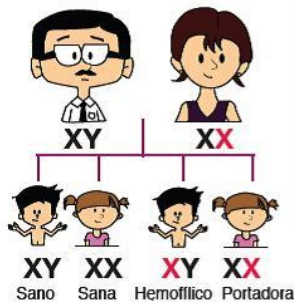
---

---

Tomado de: Carrillo *et. al.* (2010)

2. La hemofilia es una enfermedad hereditaria que afecta el proceso de coagulación de la sangre. Así, una persona hemofílica carece de la proteína que permite que la sangre se coagule cuando hay una herida, produciendo hemorragia que puede causar la muerte del hemofílico. Una pareja tiene cuatro hijos, dos niñas y dos niños, como se muestra en la figura.

Hombre sano y  
mujer portadora



a. Explique con sus ideas por qué cree usted que solo un niño es hemofílico.

<http://www.briomon.com/proyectos/esposadante/servicios.html>

---

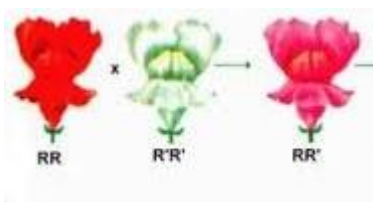
---

---

---

---

3. Una abuelita tiene un jardín con plantas de boca de dragón de flores rojas y plantas de boca dragón de flores blancas. La abuelita decide cruzar plantas boca de dragón de flores rojas y sembrarlas, obteniendo solo plantas con flores rojas. Después decide cruzar plantas de flores rojas con plantas de flores blancas. Al sembrarlas obtuvo plantas boca de dragón de flores rojas, de flores blancas y, en mayor cantidad, de flores rosadas. La abuelita, muy curiosa, decidió averiguar en internet de donde salieron las flores rosadas y encontró que la planta boca de dragón presenta flores rojas dominantes (RR) y flores blancas dominante (R'R'), pero no encontró más información.



a. Si la abuelita le pregunta a usted de donde salieron las plantas boca de dragón con flores rosadas ¿Qué respuesta le daría?

<https://sites.google.com/site/biologiablog2/4cmatutino/2-2-variaciones-geneticas/2-2-variaciones-geneticas>

## Actividad 2. ¿Cómo se explican las excepciones a las leyes de Mendel? (45 min)

1. El docente por medio de diapositivas explica cada uno de los fenómenos de la herencia postmendeliana (dominancia incompleta, codominancia, alelos múltiples y herencia ligada al sexo) y un ejemplo de cada uno. Entre cada explicación se le pide a los estudiantes que escriban en cinco minutos lo que entendieron de cada fenómeno postmendeliano.

2. Al terminar con los apuntes individuales, se distribuyen los estudiantes en grupos. Estos deben de presentar en hojas aparte una explicación con textos y una representación gráfica, lo

más completa posible de cada una de las excepciones a las leyes de Mendel, uniendo los aportes de cada miembro del grupo.

### **Actividad 3. Apliquemos la herencia no mendeliana. (45 min)**

En esta sesión de clase se lleva a los estudiantes a la sala de sistemas y se desarrollan las actividades de la siguiente página de la Universidad Autónoma de México:

<http://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia1/unidad3/ingenieriagenetica/herenciaNoMendeliana>

Se generará un escenario argumentativo a partir del siguiente caso:

Un joven piensa que es adoptado y desea confirmar si sus padres son sus padres biológicos. Él sabe que su papa es tipo de sangre AB+, la mamá es O+ y el joven es O+

¿Cree usted que los datos son suficientes para confirmar las sospechas del joven?

Con la evidencia suministrada ¿Usted cree que alguno de los dos (o los dos) no son progenitores del joven? Argumente su respuesta (Grabación de audio).

### **Actividad 4. Responda las siguientes preguntas de reflexión para el aprendizaje (20 min).**

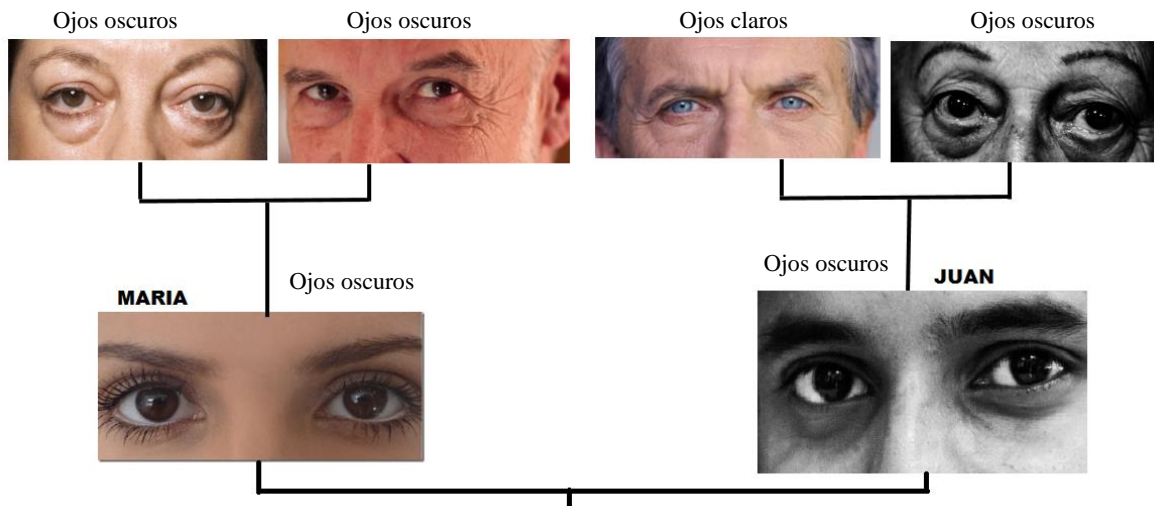
- a. ¿Qué dificultades tuvo en el desarrollo de las actividades?
- b. ¿Qué conceptos nuevos ha aprendido?
- c. ¿Cómo ha aprendido esos nuevos conceptos?
- d. ¿Cuáles conceptos no le quedan claros?
- e. ¿Por qué cree que se le dificulta entender los conceptos que no le quedan claros?
- f. ¿Qué acciones debo de realizar para mejorar mi comprensión acerca del tema?

### 10.3 Anexo 3: Instrumento final

#### Cuestionario final de herencia genética

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

1. Observe el siguiente árbol genealógico y responda: Si María y Juan tuvieran hijos, ¿Cuál podría ser el color de los ojos de sus hijos? Argumente su respuesta.



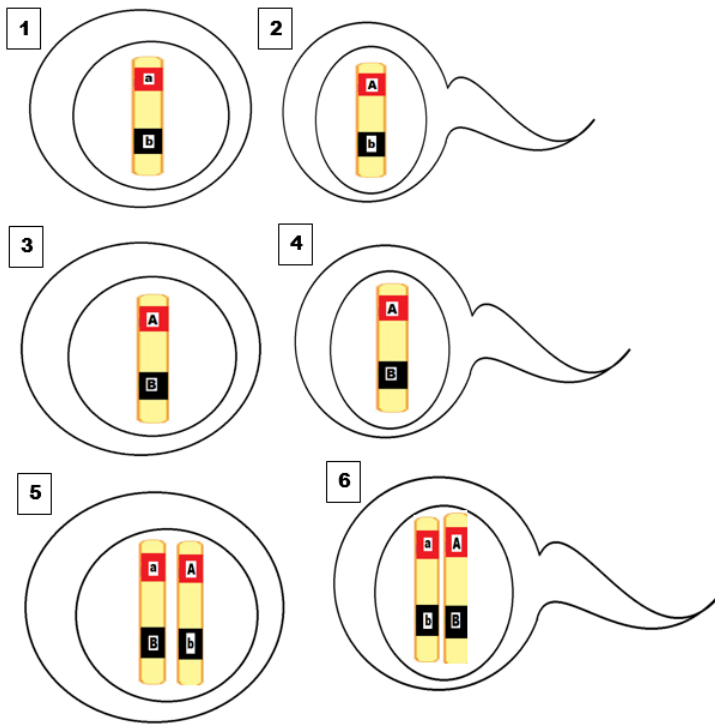
2. Los siguientes alelos ubicados en los cromosomas codifican información para el color del pelo y el lóbulo de la oreja.

A: Color de cabello oscuro

B: Oreja con lóbulo

a: Color de cabello rubio

b: Oreja sin lóbulo



Si usted pudiera escoger las características de una persona para que fenotípicamente fuera de cabello color oscuro y sin lóbulo de la oreja ¿Cuáles células de las opciones anteriores elegiría para que se fusionen en la fecundación? Argumente su respuesta.

3. José es un científico y se encuentra realizando un experimento con ratones. Para iniciar su experimento les cortó la cola al ratón macho y a la hembra y los cruzó, con el fin de observar cómo son las crías. ¿Cree que las crías tendrán la cola larga, corta o puede haber individuos con ambas características? Argumente su respuesta (Gonzalez, 2014).

4. En la fotografía se ve una familia en la cual los padres presentan acondroplasia (un tipo de enanismo), sólo uno de cuatro hijos presenta la enfermedad. ¿Cree que es



posible que los hijos sanos de este matrimonio puedan tener descendencia con acondroplasia? Argumente su respuesta.

5. Un joven piensa que es adoptado y desea confirmar si sus padres son sus padres biológicos.

Él sabe que su papá es tipo de sangre AB+, la mamá es O+ y el joven es O+.

¿Cree usted que los datos son suficientes para confirmar las sospechas del joven?

Con la evidencia suministrada ¿Usted cree que alguno de los dos (o los dos) no es progenitor del joven? Argumente su respuesta.

6. Actualmente, los desarrollos tecnológicos permiten alterar, suplantar o suprimir el núcleo de cualquier célula. La aplicación de esta técnica es muy utilizada por la industria agropecuaria. Para el siguiente caso hipotético se escogieron tres ovejas así:



Blanca. Aporta un óvulo sin núcleo.



Negra. Aporta el núcleo de una célula.



Marrón. Aporta el útero.

¿Cómo crees que será el color de la oveja que se desarrolla después de este procedimiento?

Argumente su respuesta.

## Webgrafía

<http://blog.hola.com/farmaciameritxell/2012/06/una-mirada-preciosa.html>

<https://visura.co/user/ilu/view/plasmando-momentos>

<http://comomaquillarsecorrectamente.com/las-mejores-imagenes-de-ojos-cafes-de-chicas-y-chicos/>

<http://eslamoda.com/los-10-mejores-colores-de-sombras-para-ojos-cafes>

<http://footage.framepool.com/es/shot/949313662-ceja-arrugado-patata-dallas>

<https://wikibiologiaiesma.wikispaces.com/Gen%C3%A9tica+Animal> (Ovejas)

<http://www.definicionabc.com/wp-content/uploads/2014/07/Acondroplasia.jpg> (acondroplasia)

<http://contenido.com.mx/2015/01/imaginas-de-que-color-seran-los-ojos-de-tus-hijos/> (Ojos claros)